TA/ TL/ 2011/ 0389

TUGAS AKHIR

PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN UNTUK PARAMETER TSP, PM_{10}, DAN $PM_{2,5}$ SAAT ERUPSI MERAPI TAHUN 2010 DI SEBAGIAN WILAYAH JAWA TENGAH DAN DIY

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Rachman Hakim
06 513 001

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2011

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN UNTUK PARAMETER TSP, PM_{10}, DAN $PM_{2,5}$ SAAT ERUPSI MERAPI TAHUN 2010 DI SEBAGIAN WILAYAH JAWA TENGAH DAN DIY

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

Rachman Hakim

06 513 001

Disetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Luqman Hakim, ST, M.Si	Hijrah Purnama Putra, S.T, M.Eng
Tanggal: 30/5 2011	Tanggal: 30/5 2011

Ketua Jurusan

30/5 2011

Luqman Hakim, ST, M.Si

Ketua Jurusan

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan software khusus)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan

Rachman Hakim

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan software khusus)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta,

Yang membuat pernyataan

Rachman Hakim

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan tugas akhir ini kepada....

Allah SWT

Yang selalu memberiku nikmat iman dan islam sampai pada hari ini

"Bimbinglah hambamu ini agar selalu berada di jalanMu ya Allah.."

Umak-Bapak Tersayang

Terimakasih atas rasa sayang yang tulus, hanya ini yang aku bisa berikan persembahan karyaku sampai dengan pada saat ini.

Zahra Tusita

Terimakasih buat bunga dimusim dinginku, i'llfoundyou

TL'06

Semua orang yang ada didalamnya tanpa terkecuali satupun, terima kasih telah menginspirasi saya, semoga mereka sehat selalu.

ASRO2

Semua "biak2 asrama rahadioesman2" yang telah memberikan dukungan dan semangatnya.

MOTTO

“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui."

(Al-Baqarah: 216)

Malaikat Jibril datang kepada Nabi Saw, lalu berkata, "Hai Muhammad, hiduplah sesukamu namun engkau pasti mati. Berbuatlah sesukamu namun engkau pasti akan diganjar, dan cintailah siapa yang engkau sukai namun pasti engkau akan berpisah dengannya. Ketahuilah, kemuliaan seorang mukmin tergantung shalat malamnya dan ...kehormatannya tergantung dari ketidakbutuhannya kepada orang lain."

(Riwayat Ath-Thabrani)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada Penyusun sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang telah saya laksanakan kurang lebih selama 6 bulan yaitu dari bulan Desember 2010 - April 2011. Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat Sarjana Strata 1 pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogakarta. Penyusun memilih topik penelitian dengan judul **"PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIENT UNTUK PARAMETER TSP, PM_{10}, DAN $PM_{2,5}$ SAAT ERUPSI MERAPI TAHUN 2010 DI SEBAGIAN WILAYAH JAWA TENGAH DAN DIY ".**

Dalam pelaksanaan penelitian ini penyusun tidak bisa terlepas dari banyak pihak, maka pada kesempatan kali ini penyusun ingin sekali mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, M.Si selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII Jogjakarta. Dan selaku pembimbing tugas akhir penyusun, serta selaku pembimbing akademik penyusun.
2. Bapak Hijrah Purnama Putra ST, M.Eng selaku dosen pembimbing kedua tugas akhir ini.
3. Bapak Andik Yulianto, ST, MT selaku koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-UII.
4. Bapak Tasyono dan Bapak Iwan selaku laboran Laboratorium Teknik Lingkungan
5. Semua dosen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan pengarahan dan pembelajaran ilmu pengetahuan kepada penyusun.
6. Kedua orang tua dan keluarga penyusun yang selalu mendoa'kan dan memberikan kepercayaan kepada penyusun serta dukungan semangatnya yang besar.

7. Teman-teman seperjuangan Teknik Lingkungan Angkatan 2006 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu karena kalian semua telah menginspirasi penyusun.
8. Teman-teman satu jurusan Teknik Lingkungan yang selalu memberi dukungan, semangat dan do'anya khususnya Zahra Tusitha dan semua teman di Jurusan yang mengenal maupun tidak mengenal penyusun.
9. Keluarga satu penginapan Asrama Rahadi Oesman II di Yogyakarta yang telah mendukung saya.
10. Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu saya sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Akhirnya saya berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Mei 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN **i**

LEMBAR PERNYATAAN **ii**

HALAMAN PERSEMBAHAN **iii**

MOTTO **iv**

KATA PENGANTAR **v**

DAFTAR ISI **vii**

ABSTRAK **xiv**

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang **1**

1.2 Rumusan Masalah **2**

1.3 Tujuan Penelitian **2**

1.4 Manfaat Penelitian **2**

1.5 Batasan Masalah **3**

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara **4**

2.2. Pengelompokan Pencemaran Udara **4**

2.2.1. Berdasarkan Sumber **4**

2.2.2. Pencemar Spesifik dan Indikatif **5**

2.3. Partikulat **6**

2.3.1. Jenis dan Sifat Partikulat **6**

2.3.2. Ukuran Partikulat **8**

2.4. Faktor-faktor Pencemaran Udara **10**

2.5. Efek Partikulat **10**

2.6. Pemantauan Kualitas Udara Ambien **13**

2.6.1. Penentuan titik lokasi pemantauan **14**

2.6.2. Teknik Sampling Udara **15**

2.6.3. Metoda Pengujian Partikulat **16**

2.7. Profil Wilayah Gunung Merapi 18
2.8. Kronologis Erupsi 2010 18

BAB 3. METODE PENELITIAN
3.1. Pendahuluan 20
3.2. Gambaran Umum Wilayah Penelitian 21
3.3. Objek Penelitian 23
3.4. Metode Pengumpulan Data 23
3.5. Metode Pemantauan dan Analisis 24
3.5.1. Total Suspended Partikulat (TSP) 24
3.5.1.1Prinsip Pengukuran TSP 24
3.5.1.2 Tahapan Pengukuran TSP 25
3.5.1.3Metode Analisa TSP 26
3.5.2. Partikulat Matter (PM) 27
3.5.2.1 Prinsip Pengukuran PM 27
3.5.2.2.Tahapan Pengukuran PM 28
3.5.2.3.Metode Analisa PM 29
3.5.3. Metode Identifikasi Fisik dan Kimiawi Abu Vulkanik 29
3.6. Diagram Penelitian 30

BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN
4.1. Kondisi Fisik Lokasi Pemantauan 31
4.1.1. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kabupaten Sleman 32
4.1.2. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kabupaten Magelang 35
4.1.3. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kota Yogyakarta 37
4.2. Hasil dan Analisa Pemantauan 40
4.2.1. Hasil Pengukuran Meteorologi 40
4.2.2. Kronologi Erupsi 2010 41
4.2.3. Hasil dan Analisa Pemantauan di Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara 45

4.2.4. Hasil dan Analisa Pemantauan di Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara (Jombor) 48
4.2.5. Hasil dan Analisa Pemantauan di Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan) 50
4.2.6. Hasil dan Analisa Pemantauan di Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur 51
4.2.7. Hasil dan Analisa Pemantauan di Jl. Raya Borobudur (Timur Candi Mendut) 54
4.2.8. Hasil dan Analisa Pemantauan di Bundaran Universitas Gajah Mada 56
4.2.9. Hasil dan Analisa Pemantauan di Perempatan Cik Diktiro 58
4.2.10. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Partikulat Matter 2,5 ($PM_{2,5}$) 60
4.2.11. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Partikulat Matter 10 (PM_{10}) 63
4.2.12. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Total Suspended Particulat (TSP) 65
4.3. Analisa Hasil Pemantauan dengan Kronologis Erupsi 68
4.3.1. Waktu Pemantauan Tanggal 1 November 2010 68
4.3.2. Waktu Pemantauan Tanggal 2 November 2010 69
4.3.3. Waktu Pemantauan Tanggal 4 November 2010 70
4.3.4. Waktu Pemantauan Tanggal 5 November 2010 71
4.4. Karakteristik Fisika dan Kimia Abu Vulkanik 73
4.5. Partikel pada Saluran Pernapasan 80

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 84
5.2 Saran 85

DAFTAR PUSTAKA 87
LAMPIRAN 88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bentuk dan Komponen Penyusun Partikulat **7**

Tabel 2.2 Mekanisme pertahanan organ pernafasan terhadap partikulat **12**

Tabel 4.1 Titik Lokasi Pemantauan **31**

Tabel 4.2 Kondisi Meteorologi Lokasi Penelitian **40**

Tabel 4.3 Hasil Pemantauan Udara Ambien Monjali **46**

Tabel 4.4 Hasil Pemantauan Udara Ambien Jombor **48**

Tabel 4.5 Hasil Pemantauan Udara Ambien Kec.Muntilan **50**

Tabel 4.6 Hasil Pemantauan Udara Ambien Palbapang **52**

Tabel 4.7 Hasil Pemantauan Udara Ambien Candi Mendut **54**

Tabel 4.8 Hasil Pemantauan Udara Ambien Bunderan UGM **56**

Tabel 4.9 Hasil Pemantauan Udara Ambien Cikdiktiro **58**

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran $PM_{2,5}$ **61**

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran PM_{10} **64**

Tabel 4.12. Hasil Pengukuran TSP **66**

Tabel 4.13 Komponen Kimia hasil EDAX Pengujian Pertama **74**

Tabel 4.14 Komponen Kimia hasil EDAX Pengujian Kedua **76**

Tabel 4.15 Komponen Kimia hasil EDAX Pengujian Ketiga **77**

Tabel4.16 Data jumlah pengungsi Kabupaten Sleman **82**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Ukuran Partikel **9**

Gambar 2.2 Distribusi Ukuran Partikel pada Saluran Pernafasan **12**

Gambar 2.3 Alat HVAS **16**

Gambar 3.1 Peta Zonasi Bahaya dari Puncak Gunung Merapi **22**

Gambar 3.2 Alat HVAS **24**

Gambar 3.3 Proses Penembakan Cahaya di dalam E-Sampler **27**

Gambar 3.4 Diagram Alir **30**

Gambar 4.1 Titik Lokasi Sampling dan Puncak Gunung Merapi **32**

Gambar 4.2 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Monjali-Ringroad
(b) lokasi titik sampling tampak atas **34**

Gambar 4.3 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Monjali-Ringroad
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **34**

Gambar 4.4 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Jalan Magelang
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **36**

Gambar 4.5 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Pertigaan Magelang-Borobudur
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **36**

Gambar 4.6 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Jalan Raya Borobudur
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **37**

Gambar 4.7 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Bundaran UGM
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **38**

Gambar 4.8 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Cikdiktiro
(b) Lokasi titik sampling tampak atas **39**

Gambar 4.9 Suhu Lokasi Pemantauan **40**

Gambar 4.9 Suhu Lokasi Pemantauan **41**

Gambar 4.11 Hasil Pemantauan di Monjali dengan Waktu Pengukuran 1 jam **46**

Gambar 4.12 Hasil Pemantauan di Jombor dengan Waktu Pengukuran 1 jam **48**

Gambar 4.13 Hasil Pemantauan Muntilan dengan Waktu Pengukuran 1 jam **50**

Grafik 4.14 Hasil Pemantauan Palbapang dengan Waktu Pengukuran 1 jam **52**

Grafik 4.15 Hasil Pemantauan C.Mendut dengan Waktu Pengukuran 1 jam **54**

Gambar 4.16 Hasil Pemantauan di Bunderann UGM
dengan Waktu Pengukuran 1 jam **56**

Gambar 4.17 Hasil Pemantauan Cikdiktiro dengan Waktu Pengukuran 1 jam **58**

Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2,5}$
waktu pengukuran 1 jam **62**

Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi PM_{10}
Waktu Pengukuran 24 jam **64**

Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi TSP
Waktu Pengukuran 1 jam **67**

Gambar 4.21 Wilayah Pertama Partikel Abu Vulkanik **73**

Gambar 4.22 Unsur Kimia Hasil EDAX wilayah pertama **74**

Gambar 4.23 Wilayah Kedua Partikel Abu Vulkanik **75**

Gambar 4.24 Unsur Kimia Hasil EDAX wilayah kedua **75**

Gambar 4.25 Wilayah Ketiga Partikel Abu Vulkanik **76**

Gambar 4.26 Komponen Kimia Hasil EDAX wilayah ketiga **77**

Gambar 4.27 Hasil Uji SEM dengan perbesaran 500 kali **79**

Gambar 4.28 Hasil Uji SEM dengan perbesaran 1000 kali **79**

Gambar 4.29 Fraksi Aerosol yang terhirup berdasarkan Diameter Partikel **80**

Gambar 4.30 Data 10 besar penyakit pengungsi merapi d Kab. Sleman **81**

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai banyak gunung api aktif, salah satunya adalah gunung Merapi. Pada akhir tahun 2010 gunung Merapi meletus dan menghasilkan hujan abu vulkanik di berbagai wilayah terdekat terutama di provinsi Jawa Tengah dan DIY. Hujan abu vulkanik meningkatkan kasus gangguan pernafasan pada wilayah tersebut, oleh karena itu dilakukan pemantauan kualitas udara pada parameter partikel debu yaitu TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} serta mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia paritikel abu vulkanik . Titik lokasi pemantauan dilakukan pada tujuh lokasi berbeda yaitu wilayah DIY di Jalan Magelang Jombor, Perempatan Monjali, Bundaran UGM, dan Perempatan UII Cikdiktiro dan Di Jawa tengah yaitu Jalan Muntilan, dan Jalan Raya Borobudur. Pemantauan udara parameter TSP menggunakan peralatan HVAS, parameter PM2,5 dan PM10 menggunakan peralatan E-SAMPLER, dan untuk identifikasi karakteristik fisik dan kimia abu vulkanik menggunakan uji Scan Electron Microscope dan Energy Diversive Analysis X-Ray atau SEM-EDAX. Hasil pemantauan didapatkan bahwa konsentrasi tertinggi untuk parameter TSP adalah 3497,897 µg/Nm^3 , untuk parameter PM_{10} adalah 159.495 *µg/Nm^3, dan untuk parameter $PM_{2,5}$ adalah 98.973 µg/Nm^3. Hasil identifikasi karakteristik fisik dan kimia pada sample partikel abu vulkanik adalah berbentuk tidak beraturan dengan banyak bagian tajamya dan dengan komponen kimia tertinggi adalah Silika (Si).*

KATA KUNCI : *Partikel, , TSP $PM_{2,5}$, $PM_{10,}$ Abu Vulkanik, SEM-EDAX, Gunung Merapi, dan Udara ambien*

ABSTRACT

Indonesia is one country that has many active volcanoes, one of which is Mount Merapi. At the end of 2010 Merapi volcano erupted and produced a rain of volcanic ash in various nearby areas, especially in Central Java and Yogyakarta provinces. Volcanic ash rain increased cases of disorders respiratory in the region, therefore needed monitoring of air quality for parameters of dust particles on the TSP, PM2, 5 and PM10 as well as identify the physical and chemical characteristics of volcanic ash paritikel. Point location of monitoring conducted at seven different locations, namely for DIY the area in Magelang Street Jombor, intersection Monjali, UGM Circle, and the intersection UII Cikdiktiro and for in Central Java namely Muntilan,Palbapang and side of Mendut Temple. Equipment air monitoring for TSP parameters using HVAS, the parameters of $PM_{2,5}$ and PM_{10} using the E- sampler equipment, and to identify physical and chemical characteristics of volcanic ash using test Scan Electron Microscope and Energy Diversive Analysis X -Ray or SEM - EDAX. Monitoring results showed that the highest concentration parameter of TSP are 3497.897 $\mu g/Nm^3$ s, for parameters PM_{10} are 159 495 $\mu g/Nm^3$, and for the parameters of PM2, 5 are 98,973 $\mu g/Nm3$. Results of identification of physical and chemical characteristics of samples volcanic ash particles are irregularly shaped with many parts spiky and with the highest chemical component is silica (Si).

KEYWORDS: Particle,, TSP, $PM_{2,5}$, PM_{10} , Volcanic Ash, SEM - EDAX, Mount Merapi, and The Ambient

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah dan beraneka ragam. Di Indonesia juga memiliki banyak gunung berapi yang aktif. Aktifitas gunung api ini tidak berdampak ringan terhadap makhluk hidup disekitarnya. Dampak yang paling penting dari erupsi sebuah gunung api adalah pencemaran udara yang dihasilkan oleh hujan abu dari erupsi gunung berapi.

Pencemaran udara atau sering kita dengar dengan istilah polusi udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan atau komposisi udara dari keadaan normalnya . Pencemaran udara disebabkan oleh berbagai macam faktor yaitu faktor buatan dan faktor alami. Faktor buatan yaitu dimana pencemaran yang diakibatkan dari kegiatan atau aktivitas manusia yang baik secara langsung maupun tidak langsung menghasilkan polutan. Sedangkan faktor alami adalah pencemaran udara yang berasal dari proses aktfitas komponen-komponen alam seperti erupsi gunung berapi.

Pada akhir tahun ini yaitu tepatnya pada Oktober-November 2010 sebuah gunung api di Indonesia telah meletus yaitu Gunung Merapi yang terletak di antar perbatasan Jawa tengah dan D.I. Yogyakarta. Erupsi gunung merapi ini telah menelan banyak korban, dan juga dampak dari erupsi gunung merapi ini juga cukup luas. Selain itu banyak masalah lain yang timbul mulai dari masalah tempat tinggal, makanan, kebutuhan hidup yang lain dan bahkan dampak terhadap kesehatan masyarakat yang berada disekitar dampak erupsi merapi ini.

Berdasarkan data kesehatan Dinas Kesehatan DIY ada beberapa penyakit yang ditimbulkan dari dampak erupsi merapi terhadap masyarakat disekitar gunung merapi yaitu yang paling besar adalah kasus penyakit Infeksi Saluran Pernafasan Akut atau ISPA. Pada saat mulainya erupsi merapi yaitu tanggal 26 oktober sampai tanggal 19 November penyakit ISPA ini telah terjadi sebanyak 4532 kasus. Penyakit ISPA ini diakibatkan oleh iritasi pada saluran pernafasan

karena bahan pencemar debu seperti Total Suspended Solid (TSP) dan Partikulate Matter (PM) di udara yang masuk terhirup kedalam saluran pernapasan manusia. Untuk mengetahui kondisi pencemar partikel debu khususnya Total Suspended Solid (TSP), Partikulate Matter diameter <10 mikron (PM_{10}) dan Partikulate Matter diameter <2,5 mikron ($PM_{2,5}$) pada udara ambien di wilayah yang terkena Erupsi Merapi yaitu DIY dan sekitarnya, maka perlu diadakan penelitian uji kualitas udara pada wilayah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah digunakan untuk mempermudah dalam melakukan penelitian. Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah besar pencemar partikel debu yaitu TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di udara ambien yang termasuk kawasan hujan abu vulkanik gunung merapi serta menganalisanya berdasarkan kronologi erupsi merapi tahun 2010.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kualitas udara ambient untuk parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} pada sebagian wilayah di DIY dan Jawa Tengah yang termasuk kawasan hujan abu vulkanik erupsi Gunung Merapi
2. Mengetahui karakteristik fisik dan kimia kandungan abu vulkanik erupsi Merapi 2010

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pencemaran udara akibat pengaruh erupsi merapi tahun 2010 terhadap kandungan pencemar partikel debu yaitu TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} di sebagian wilayah DIY dan Jawa Tengah

2. Menjadi bahan pertimbangan dan masukan terhadap apa yang harus dilakukan oleh semua pihak yang berkepentingan demi mengurangi dampak kesehatan akibat debu erupsi merapi.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada objek kajian sebagai berikut :

1. Parameter yang diamati
   b. Total Suspended Solid
   c. Partikulate Matter berdiameter <10 mikron (PM_{10})
   d. Partikulate Matter berdiameter <2,5 mikron ($PM_{2,5}$)
2. Lokasi pengambilan sampel berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 mengenai penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien maka didapatkan lokasi di DIY yaitu Jalan Magelang Jombor, Perempatan Monjali, Bundaran UGM, dan Perempatan UII Cikdiktiro. Di Jawa tengah yaitu Jalan Muntilan, dan Jalan Raya Borobudur.
3. Waktu Pemantauan mulai tanggal 30 Oktober 2010 sampai 4 November 2010. Pemantauan dilakukan berdasarkan kronologi erupsi merapi pada saat terjadinya hujan abu untuk wilayah Kab. Magelang dan beberapa hari setelah terjadinya hujan abu untuk wilayah Kab. Sleman dan Kota Yogyakarta
4. Tidak mencari hubungan antara konsentrasi parameter TSP, PM_{10}, dan $PM_{2,5}$ dengan kasus kesehatan yang terjadi pada saat erupsi merapi tahun 2010.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

Udara adalah kumpulan atau campuran gas, yang terbanyak adalah nitrogen dan oksigen. Oksigen sangat penting untuk mendukung kehidupan makhluk hidup dan memungkinkan terjadinya pembakaran bahan bakar. Komposisi udara bersih sangat bervariasi dari satu tempat dengan tempat yang lain di seluruh dunia. Rata-rata persentase (per volume) gas dalam udara bersih dan kering yaitu nitrogen 78%, oksigen 20,8%, argon 0,9%, karbondioksida 0,03%, dan gas lainnya 0,27%. (Oktora,2008)

Menurut Chambers (1976) da Masters (1991), yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material (Mukono, 2000)

2.2. Pengelompokan Pencemar Udara

Menurut (Alfiah, 2009) Pencemar udara dapat dikelompokkan berdasarkan sumber pencemarnya maupun tipe pencemar itu sendiri.

2.2.1.Berdasarkan Sumbernya

Pencemaran udara berdasarkan sumber pencemar dapat dibedakan atas :

- **Sumber Alami**

Sumber alami pada beberapa daerah dapat merupakan penyebab yang nyata, dibandingkan dengan wilayah atau daerah lainnya. Misalnya : emisi vulkanik, umumnya ditemukan di daerah pegunungan, seperti SOx, H_2S dan partikel sulfur lainnya. Di daerah pantai dengan banyaknya rawa dan hutan bakau akan mengakibatkan tingginya konsentrasi metana.

- **Sumber Antropogenik**

Sumber pencemar yang berasal dari kegiatan manusia. Misalnya : kendaraan bermotor, industri, dll.

2.2.2. Pencemar Spesifik dan Indikatif

- **Pencemar Spesifik**

Adalah pencemar yang berasal dari sumber spesifik di suatu tempat tertentu, sangat tergantung dari jenis aktivitas yang ada. Dengan adanya pencemar spesifik ini dapat diketahui aktivitas atau kegiatan yang berlangsung di lokasi tertentu. Pencemar spesifik tidak dapat ditemukan di semua tempat. Misal :

- debu/partikulat dari industri semen,
- ammonia dari industri pupuk,
- debu/partikel logam dari industri pertambangan dan peleburan logam.

- **Pencemar Indikatif**

Pencemar indikatif meliputi unsur-unsur pencemar yang telah dijadikan indikasi pencemaran udara secara umum, biasanya tercantum di dalam peraturan kualitas uadara yang berlaku. Pencemar indikatif bersifat umum, artinya dapat ditemukan hampir di semua tempat, namun dengan kadar berbeda. Misalnya adalah :

- Total Supended Particulat
- Karbon Monoksida
- Total Hidrokarbon
- Oksida Nitrogen
- Oksida Sulfur
- Oksidan Fotokimia.

2.3. Partikulat

Partikulat adalah pencemar udara yang dapat berada bersama-sama dengan bahan atau bentuk pencemar lainnya. Partikulat dapat diartikan secara murni atau sempit sebagai bahan pencemar udara yang berbentuk padatan. Namun pencemar partikel dapat meliputi berbagai macam bentuk, mulai dari bentuk yang sederhana sampai dengan bentuk yang rumit atau kompleks yang kesemuanya merupakan bentuk pencemaran udara. (Wardhana, 2001)

Partikulat di udara tidak hanya dihasilkan dari emisi langsung berupa partikulat, tetapi juga dari emisi gas-gas tertentu yang mengalami kondensasi dan membentuk partikulat, sehingga ada partikulat primer dan sekunder. Partikulat primer adalah partikel yang langsung diemisikan berbentuk partikulat, sedangkan partikel sekunder adalah partikel yang terbentuk di atmosfer. Partikel di atmosfer terdiri dari bahan padat dan cair berukuran kecil yang berasal dari berbagai sumber alami dan antropogenik. (Alfiah, 2009):

- Sumber alami antara lain berasal dari debu vulkanik, kebakaran hutan, spora bunga yang diterbangkan angin, angin yang membawa partikel tanah dan serpihan batuan, penguapan garam-garam air laut, dll.
- Sumber antropogenik berasal dari proses dan kegiatan industri seperti: asap dari cerobong, penanganan limbah padat (insinerasi), dll.

2.3.1. Jenis dan Sifat Partikulate

.Beberapa partikulat dalam berbagai bentuk dapat melayang di udara. Bentuk dan komponen penyusun partikulat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1
Bentuk dan Komponen Penyusun Partikulat

NO.	KOMPONEN	BENTUK
1.	Karbon	
2.	Besi	Fe2O3, Fe3O4
3.	Magnesium	MgO
4.	Kalsium	CaO
5.	Alumunium	Al2O3
6.	Sulfur	SO2
7.	Titanium	TiO2
8.	Karbonat	CO3-
9.	Silikon	SiO2
10.	Fosfor	P2O5
11.	Kalium	K2O
12.	Natrium	Na2O

Sumber : Bapedalda JABAR, 2007

Sifat partikel lainnya yang penting lainnya adalah sebagai tempat absorbs (sorbsi secara fisik) atau kimisorbsi (sorbsi disertai dengan reaksi kimia). Sifat ini merupakan fungsi dari luas permukaan yang pada umumnya luas untuk kebanyakan partikel. Jika molekul yang tersorbsi tersebut larut di dalam partikel, maka keadaanya disebut absorbsi. Jenis sorbsi tersebut sangat menentukan tingkat bahaya dari suatu partikel. (Oktora, 2008)

Sifat partikel tersebut lainnya adalah sifat optiknya. Partikel yang mempunyai diameter kurang dari 0,1 mikron berukuran sedemikian kecilnya dibandingkan dengan panjang gelombang sinar, sehingga partikel-pertikel tersebut mempengaruhi sinar seperti alnya molekul-molekul dapat menyebabkan refraksi. Partikel yang berukuran jauh lebih besar dari 1 mikron jauh lebih besar dari jauh panjang gelombang sinar tampak dan mempunyai objek makroskopik yang menyebarkan sinar sesuai dengan penempang melintang partikel tersebut. Sifat optik ini penting dalam menentukan pengaruh partikel atmosfer terhadap radiasi dan visibilitas solar energi. (Oktora, 2008)

2.3.2. Ukuran Partikulat

Menurut (Alfiah, 2009) Ukuran partikulat merupakan karakteristik penting dari partikulat. Ukuran partikulat dinyatakan dalam diameter dengan satuan :

µ (mikron) = µm (mikrometer)

1 µ = 10-6 m = 10-3 mm

Secara fisik partikulat adalah suatu substansi yang berada dalam atmosfer pada kondisi normal berukuran lebih besar daripada molekul, tetapi lebih kecil daripada 500 um (1 u = 1 mikron = 10-4 cm)

Partikel yang ada di atmosfer dibagi dalam 3 kelompok berdasarkan diameter partikel yakni :

- **Partikel halus**

Partikel halus berdiameter antara 0,005 sampai 0,1 u. Partikel halus yang memasuki atmosfer terutama berasal dari proses kondensasi uap panas dari sumber-sumber pembakaran setelah beberapa waktu (umumnya beberapa jam). Ukuran partikel menjadi besar terutama melalui proses penggumpalan (agglomerasi). Aglomerasi terjadi dalam fase gas disebabkan oleh gerak Brown yang membuat partikel saling bersentuhan, dan membentuk partikel lebih besar. Proses ini berlangsung dalam lapisan awan atau kabut.

- **Partikel sedang**

Partikel sedang berukuran antara 0,1 sampai 1 µ. Partikel dalam range diameter ini sebagian terbentuk dengan adanya penggumpalan patikel halus dan sebagian lagi oleh adanya konversi kimiawi gas-gas dan uap menjadi partikel di atmosfer. Partikel dalam diamater ini cukup besar untuk dihilangkan oleh titik-titik air di awan (*rain out*) ataupun air hujan (*washout*).

- **Partikel besar**

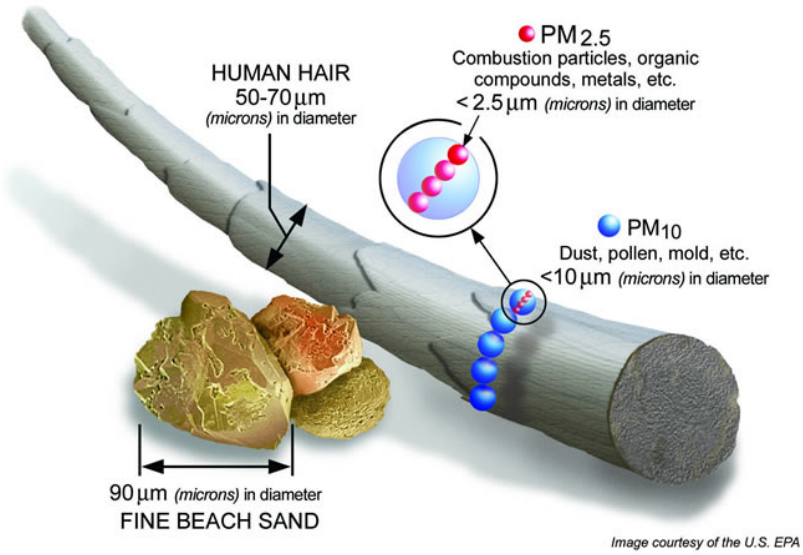
Partikel besar berdiameter antara 1 sampai 100 µ. Partikel besar terbentuk secara mekanik dari sumber industri. Partikel dalam katagori ini dapat dikumpulkan melalui pengendapan secara gravitasi dengan atau tanpa adanya hujan.

Klasifikasi Partikel berdasarkan (EPA, 2004) adalah sebagai berkiut

" Total Suspended Particulate (TSP) : Adalah partikulat tersuspensi yang memiliki diameter antara 0.1 mikrometer hingga 45 mikrometer."

" PM_{10} : adalah partikulat berdiameter dibawah 10 micrometer yang dapat terkumpul menggunakan peralatan sampling dengan efisiensi 50%. PM10 diklasifikasikan polutan karena ukurannya "terhirup ".

" $PM_{2,5}$: adalah partikulat berdiamater 2.5 micrometers yang terkumpul dengan peralatan sampling dengan efisiensi 50%. Partikel PM2.5 bertahan di atmosfer selama beberapa jam hingga beberapa hari pada cuaca normal. Partikel PM2.5 dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap sistem pernafasan manusia.



(sumber: EPA)

Gambar 2.1. Contoh Ukuran Partikel

2.4. Faktor Pencemaran Udara

1. Suhu/Temperatur

Menurut Heryuni (1993) didalam Oktora (2008) untuk lingkungan kerja disarankan mempunyai suhu kering 22^{o}-26^{o}C dan suhu basah 21^{o}-24^{o}C. Sedangkan menurut Mukono (2008), temperature yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja adalah 23^{o}-25^{o}C. Tingkat panas didominasi oleh temperatur sekitarnya. Namun demikian, standard udara kering atau pengukuran temperatur ambient udara kering sering tidak cukup sebagai indikator untuk kriteria tingkat kenyamanan. Temperatur diukur dengan menggunakan termometer untuk mewakili keadaan penghuni.

2. Kelembapan Udara

Air bukan merupakan polutan, namun uap air merupakan pelarut untuk berbagai polutan dan dapat mempengaruhi konsentrasi polutan di udara. Uap air dapat menumbuhkan dan mempertahankan mikroorganisme di udara dan juga dapat melepaskan senyawa-senyawa volatil yang berasal dari bahan bangunan seperti formaldehid, amonia, dan senyawa lain yang mudah menguap, sehingga kelembaban yang tinggi melarutkan senyawa kimia lain lalu menjadi uap dan akan terpapar pada pekerja (Fardiaz, 2003).

3. Angin

Angin adalah gerakan massa udara. Parameter yang dikaji di dalam angin meliputi arah angin dan kecepatan angin. Kecepatan angin penting karena dapat menentukan besarnya kehilangan air melalui proses evapotranspirasi dan mempengaruhi kejadian hujan. (Mukono, 2008)

2.5. Efek Partikulat

Menurut (Alfiah, 2009) Keberadaan partikulat di udara secara potensial menyebabkan kerugian diantaranya terhadap kesehatan paru-paru, mereduksi jarak penglihatan (visibilitas), mereduksi radiasi matahari, meningkatkan kemungkinan presipitasi, dll. Besarnya efek yang ditimbulkan oleh

partikulat merupakan fungsi dari range ukuran partikulat di udara, konsentrasi partikel serta komposisi fisik-kimia partikel di udara.

Partikulat dapat memberikan efek berbahaya terhadap kesehatan manusia melalui mekanisme sbg berikut :

- partikel bersifat toksik karena sifat fisik atau kimianya.
- partikel menimbulkan gangguan pada saluran pernafasan
- partikel membawa substansi toksik melalui absorpsi.

Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernafasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernafasan atas, sedangkan partikel kecil akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel terhirup adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM_{10}). PM_{10} diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernafasan, pada konsentrasi 140 μg/m3 dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 μg/m3 dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel terhirup tergantung dari komposisinya.(Oktora 2008)

Pada konsentrasi tinggi, partikulat tersuspensi berbahaya terhadap kesehatan manusia terutama terhadap pernafasan. Tingkat bahaya dipengaruhi oleh ukuran partikulat yang dihirup dan seberapa jauh memasuki saluran pernafasan.

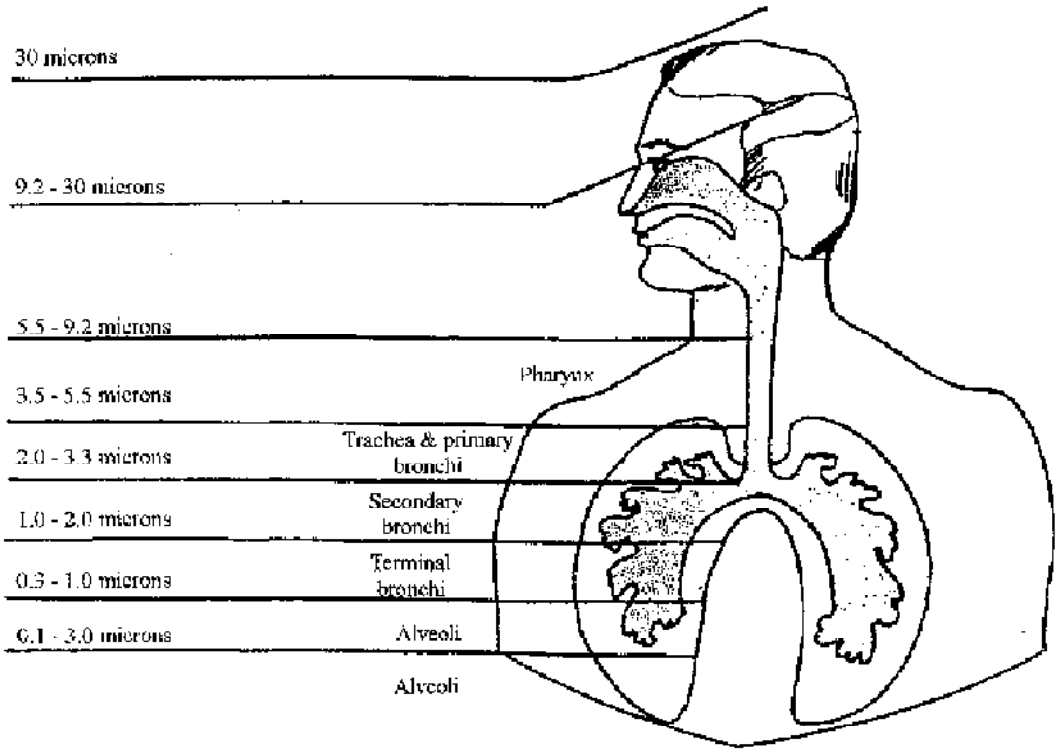
Mekanisme pertahanan saluran terhadap partikulat secara garis besar adalah :

- 40 % partikel dengan diameter 1 sampai 2 mikron tertahan dalam bronkheoli dan alveoli.
- partikel dengan diamter 0,25 samapai 1 mikron retensi dalam saluran pernafasan turun karena dapat dibuang atau dihembuskan saat bernafas.
- Diameter partikel kurang dari 0,25 mikron retensinya menurun karena adanya gerak Brown.

Tabel 2.3. Mekanisme pertahanan organ pernafasan terhadap partikulat

Ukuran partikel		Mekanism
> 10 um	debu kasar, flyash	ditahan oleh bulu di dalam hidung
2 - 10 um	fumes, dust, smoke	gerakan cilia mendorong mucus ke atas, partikel dibuang lewat
< 2 um	aerosol, fumes	limfosit dan fagosit dalam paru-paru menyerang partikel

Sumber : Alfiah, 2009



(Sumber :EPA 1999)

2.2 Gambar 2.2 Distribusi Ukuran Partikel pada Saluran Pernafasan

2.6. Pemantauan Kualitas Udara Ambien

Kualitas udara merupakan fenomena yang dinamis dan komplek mengingat lingkupnya yang luas dan banyaknya faktor penentu. Kondisi yang dinamis pada lapisan atmosfer merupakan gambaran kualitas udara dan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. perubahan laju emisi pada sumber
2. perubahan kondisi iklim (meteorologi) dan topografi yang berperan dalam pengenceran, proses reaksi zat – zat kimia, dan pengendalian penghilangan beberapa zat pencemar.

Suatu survey pemantauan yang dirancang untuk mengetahui karakteristik kualitas udara di suatu daerah dapat menjadi komplek karena memerlukan ketersediaan data untuk menjelaskan kondisi dinamis kualitas udara.

Belakangan ini pemantauan kualitas udara ambien menjadi bagian penting dari kegiatan penyusunan status pencemaran lingkungan suatu daerah yang merupakan bahan untuk kebijakan pengelolaan lingkungan di wilayah tersebut. Hal ini menjadikan survey kualitas udara semakin komplek dan memerlukan perencanaan yang matang agar dicapai sasarannya. Suatu perencanaan survey yang komprehensif dan pengaturan manajemen yang baik sangat diperlukan karena pemantauan memerlukan biaya yang besar, waktu yang cukup lama, keterampilan personel dan kehandalan paralatan analisa.

Suatu perencanaan pemantauan kualitas udara diawali dengan penentuan sasaran dari pemantauan tersebut. Sasaran pemantauan sangat diperlukan karena akan menentukan lingkup pemantauan seperti parameter yang akan dipantau, faktor eksternal, tingkat presisi, metode sampling, periode pemantauan dan metode analisa di laboratorium. (Bapedalda JABAR, 2007)

2.6.1. Penentuan Titik Lokasi Pemantauan

Menurut SNI19-7119.6-2005 dalam penentuan lokasi pengambilan contoh uji, yang perlu diperhatikan adalah bahwa data yang diperoleh harus dapat mewakili daerah yang sedang dipantau, yang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Titik pemantauan kualitas udara ambien ditetapkan dengan mempertimbangkan :

1. faktor meteorologi (arah dan kecepatan angin),
2. faktor geografi seperti topografi, dan
3. tata guna lahan.

Kriteria berikut ini dapat dipakai dalam penentuan suatu lokasi pemantauan kualitas udara ambien:

1. Area dengan konsentrasi pencemar tinggi. Daerah yang didahulukan untuk dipantau hendaknya daerah-daerah dengan konsentrasi pencemar yang tinggi. Satu atau lebih stasiun pemantau mungkin dibutuhkan di sekitar daerah yang emisinya besar.
2. Area dengan kepadatan penduduk tinggi. Daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, terutama ketika terjadi pencemaran yang berat.
3. Di daerah sekitar lokasi penelitian yang diperuntukkan untuk kawasan studi maka stasiun pengambil contoh uji perlu ditempatkan di sekeliling daerah/kawasan.
4. Di daerah proyeksi. Untuk menentukan efek akibat perkembangan mendatang dilingkungannya, stasiun perlu juga ditempatkan di daerah-daerah yang diproyeksikan.
5. Mewakili seluruh wilayah studi. Informasi kualitas udara di seluruh wilayah studi harus diperoleh agar kualitas udara diseluruh wilayah dapat dipantau (dievaluasi).

Beberapa petunjuk yang dapat digunakan dalam pemilihan titik pengambilan contoh uji adalah:

1. Hindari tempat yang dapat merubah konsentrasi akibat adanya absorpsi, atau adsorpsi (seperti dekat dengan gedung-gedung atau pohon-pohonan).
2. Hindari tempat dimana pengganggu kimia terhadap bahan pencemar yang akan diukur dapat terjadi: emisi dari kendaraan bermotor yang dapat mengotori pada saat mengukur ozon, amoniak dari pabrik *refrigerant* yang dapat mengotori pada saat mengukur gas-gas asam
3. Hindari tempat dimana pengganggu fisika dapat menghasilkan suatu hasil yang mengganggu pada saat mengukur debu (*partikulat matter)* tidak boleh dekat dengan incinerator baik domestik maupun komersial, gangguan listrik terhadap peralatan pengambil contoh uji dari jaringan listrik tegangan tinggi
4. Letakkan peralatan di daerah dengan gedung/bangunan yang rendah dan saling berjauhan.
5. Apabila pemantauan bersifat kontinyu, maka pemilihan lokasi harus mempertimbangkan perubahan kondisi peruntukan pada masa datang.

2.6.2. Teknik Sampling Udara Ambien

Teknik sampling kualitas udara dilihat lokasi pemantauannya terbagi dalam dua kategori yaitu teknik sampling udara emisi dan teknik sampling udara ambien. Sampling udara emisi adalah teknik sampling udara pada sumbernya seperti cerobong pabrik dan saluran knalpot kendaraan bermotor. Teknik sampling kualitas udara ambien adalah sampling kualitas udara pada media penerima polutan udara/emisi udara.. Untuk sampling kualitas udara ambien, teknik pengambilan sampel kualitas udara ambien saat ini terbagi dalam dua kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif. Dari sisi parameter yang akan diukur, pemantauan kualitas udara terdiri dari pemantauan gas dan partikulat. (Bapedalda JABAR 2007)

2.6.3. Metoda Pengujian Partikulat

Partikulat atau debu adalah suatu benda padat yang tersuspensi di udara dengan ukuran dari 0,3 µm sampai 100 µm, berdasarkan besar ukurannya partikulat (debu) ada dua bagian besar yaitu debu dengan ukuran lebih dari 10 µm disebut dengan debu jatuh (*dust-fall*) sedang debu yang ukuran partikulatnya kurang dari 10 µm disebut dengan Partikulate Matter (PM 10). Debu yang ukurannya kurang dari 10 µm ini bersifat melayang-layang di udara.

Peralatan yang dipakai untuk melakukan pengukuran debu partikulat (melayang-layang) ada 4 jenis alat diantaranya:

1. **HVS (High Volume Sampler)**

   Cara ini dikembangkan sejak tahun 1948 menggunakan filter berbentuk segi empat seukuran kertas A4 yang mempunyai porositas 0,3 - 0,45 µm dengan kecepatan pompa berkisar 1.000 – 1.500 lpm. Pengukuran berdasarkan metoda ini untuk penentuan sebagai TSP (*Total Suspended Partikulate*). Alat ini dapat digunakan selama 24 jam setiap pengambilan contoh udara ambien. Bentuk alat HVS dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah ini :

(sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 2.3 Alat HVAS

Menurut SNI 19-7119.3-2005 pengambilan contoh uji dengan metode uji HVS mempunyai tahapan sebagai berikut :

1. Tempatkan filter pada *filter holder*.
2. Tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metoda penentuan lokasi titik ambien.
3. Nyalakan alat uji dan catat waktu serta tanggal, baca indikator laju alir dan catat pula laju alirnya (Q1) untuk diteruskan pembacaan hasil dari kalibrasinya. Catat pula temperatur dan tekanan baromatik. Sambungkan pencatat waktu ke motor untuk mendeteksi kehilangan waktu karena gangguan listrik. pantau laju alir.
4. 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 setiap waktu.
5. Catat semua pembacaan seperti baca laju alir (Q2), temperatur, dikumpulkan hingga seluruh data terkumpul pada akhir pengukuran.
6. Pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya. Tempatkan lipatan filter dalam *alumunium foil* dan tandai untuk identifikasi.

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

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

dimana:

C adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi (µg/Nm3);

W_1 adalah berat filter awal (g);

W_2 adalah berat filter akhir (g);

V adalah volum contoh uji udara, (m3);

10^6 adalah konversi g ke μg

2.7. Profil Wilayah Gunung Merapi

Merapi yang memiliki ketinggian puncak 2.968 m adalah gunung berapi di bagian tengah Pulau Jawa dan merupakan salah satu gunung api teraktif di Indonesia. Lereng sisi selatan berada dalam administrasi Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan sisanya berada dalam wilayah Provinsi Jawa Tengah, yaitu Kabupaten Magelang di sisi barat, Kabupaten Boyolali di sisi utara dan timur, serta Kabupaten Klaten di sisi tenggara.

Gunung ini sangat berbahaya karena menurut catatan mengalami erupsi (puncak keaktifan) setiap dua sampai lima tahun sekali dan dikelilingi oleh pemukiman yang sangat padat. Sejak tahun 1548, gunung ini sudah meletus sebanyak 68 kali Kota Magelang dan Kota Yogyakarta adalah kota besar terdekat, berjarak di bawah 30 km dari puncaknya. Di lerengnya masih terdapat pemukiman sampai ketinggian 1700 m dan hanya berjarak empat kilometer dari puncak. (Wikipedia.org, 2010)

2.8. Kronologi Erupsi 2010

Peningkatan status dari "normal aktif" menjadi "waspada" pada tanggal 20 September 2010 direkomendasi oleh Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta. Setelah sekitar satu bulan, pada tanggal 21 Oktober status berubah menjadi "siaga" sejak pukul 18.00 WIB. Pada tingkat ini kegiatan pengungsian sudah harus dipersiapkan. Karena aktivitas yang semakin meningkat, ditunjukkan dengan tingginya frekuensi gempa multifase dan gempa vulkanik, sejak pukul 06.00 WIB tangggal 25 Oktober BPPTK Yogyakarta merekomendasi peningkatan status Gunung Merapi menjadi "awas" dan semua penghuni wilayah dalam radius 10 km dari puncak harus dievakuasi dan diungsikan ke wilayah aman.

Erupsi pertama terjadi sekitar pukul 17.02 WIB tanggal 26 Oktober. Sedikitnya terjadi hingga tiga kali letusan. Letusan menyemburkan material vulkanik setinggi kurang lebih 1,5 km dan disertai keluarnya awan panas yang menerjang Kaliadem, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman. dan menelan korban 43 orang, ditambah seorang bayi dari Magelang yang tewas karena gangguan pernafasan.

Sejak saat itu mulai terjadi muntahan awan panas secara tidak teratur. Mulai 28 Oktober, Gunung Merapi memuntahkan lava pijar yang muncul hampir bersamaan dengan keluarnya awan panas pada pukul 19.54 WIB. Namun demikian, berbeda dari karakter Merapi biasanya, bukannya terjadi pembentukan kubah lava baru, malah yang terjadi adalah peningkatan aktivitas semburan lava dan awan panas sejak 3 November. Erupsi eksplosif berupa letusan besar diawali pada pagi hari Kamis, 4 November 2010, menghasilkan kolom awan setinggi 4 km dan semburan awan panas ke berbagai arah di kaki Merapi. Selanjutnya, sejak sekitar pukul tiga siang hari terjadi letusan yang tidak henti-hentinya hingga malam hari dan mencapai puncaknya pada dini hari Jumat 5 November 2010. Menjelang tengah malam, radius bahaya untuk semua tempat diperbesar menjadi 20 km dari puncak. Rangkaian letusan ini serta suara gemuruh terdengar hingga Kota Yogyakarta (jarak sekitar 27 km dari puncak), Kota Magelang, dan pusat Kabupaten Wonosobo (jarak 50 km). Hujan kerikil dan pasir mencapai Kota Yogyakarta bagian utara, sedangkan hujan abu vulkanik pekat melanda hingga Purwokerto dan Cilacap. Pada siang harinya, debu vulkanik diketahui telah mencapai Tasikmalaya, Bandung, dan Bogor.

Letusan kuat 5 November diikuti oleh aktivitas tinggi selama sekitar seminggu, sebelum kemudian terjadi sedikit penurunan aktivitas, namun status keamanan tetap "Awas". Pada tanggal 15 November 2010 batas radius bahaya untuk Kabupaten Magelang dikurangi menjadi 15 km dan untuk dua kabupaten Jawa Tengah lainnya menjadi 10 km. Hanya bagi Kab. Sleman yang masih tetap diberlakukan radius bahaya 20 km. (Anonim, 2010)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Diantara 129 gunung api aktif yang terletak di Indonesia mungkin Gunung Merapi termasuk yang paling terkenal. Banyak aspek yang membuat gunung api ini menarik selain yang pertama tentu saja aktivitas vulkaniknya. Selain itu Merapi terletak di bagian tengah pulau Jawa tepat berada di jantung budaya Jawa yang kental sehingga aspek kultural, mitologi dan aspek sosial politik. Merapi termasuk sering erupsi (meletus) sehingga secara ilmiah menguntungkan untuk menjadi laboratorium alam dalam rangka melakukan berbagai macam penelitian. (wikipedia.org, 2010)

Pada akhir tahun ini Erupsi Merapi termasuk yang terbesar dalam sepanjang sejarah erupsi Merapi. Dampak hujan abu vulkanik yang diakibatkan pun cukup luas, sebagian besar diwilayah Barat dan Selatan Gunung Merapi. Hujan Abu yang turun secara fisik terlihat dapat mencemari udara ambien wilayah tersebut. Peningkatan partikel debu yaitu TSP, PM_{10} dan $PM_{2,5}$ menjadi parameter utama yang dapat meningkatkan gangguan kesehatan pada saluran pernafasan manusia. Gunung merapi terletak diantara beberapa kabupaten di DIY dan Jawa Tengah. Oleh karena itu pengambilan sampel dilakukan pada wilayah-wilayah sekitar gunung merapi tersebut yang termasuk kawasan yang terkena hujan abu vulkanik, yaitu pada wilayah Sleman di Jalan monjali, dan Jalan Magelang, pada wilayah kota Yogyakarta di bundaran UGM dan Perempatan Cikdiktiro, serta pada wilayah Jawa Tengah di Jalan Muntilan terminal lama tepatnya di jembatan Keji, dan di Jalan Raya Borobudur.

3.2. Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.2.1. Lokasi Sampling Penelitian

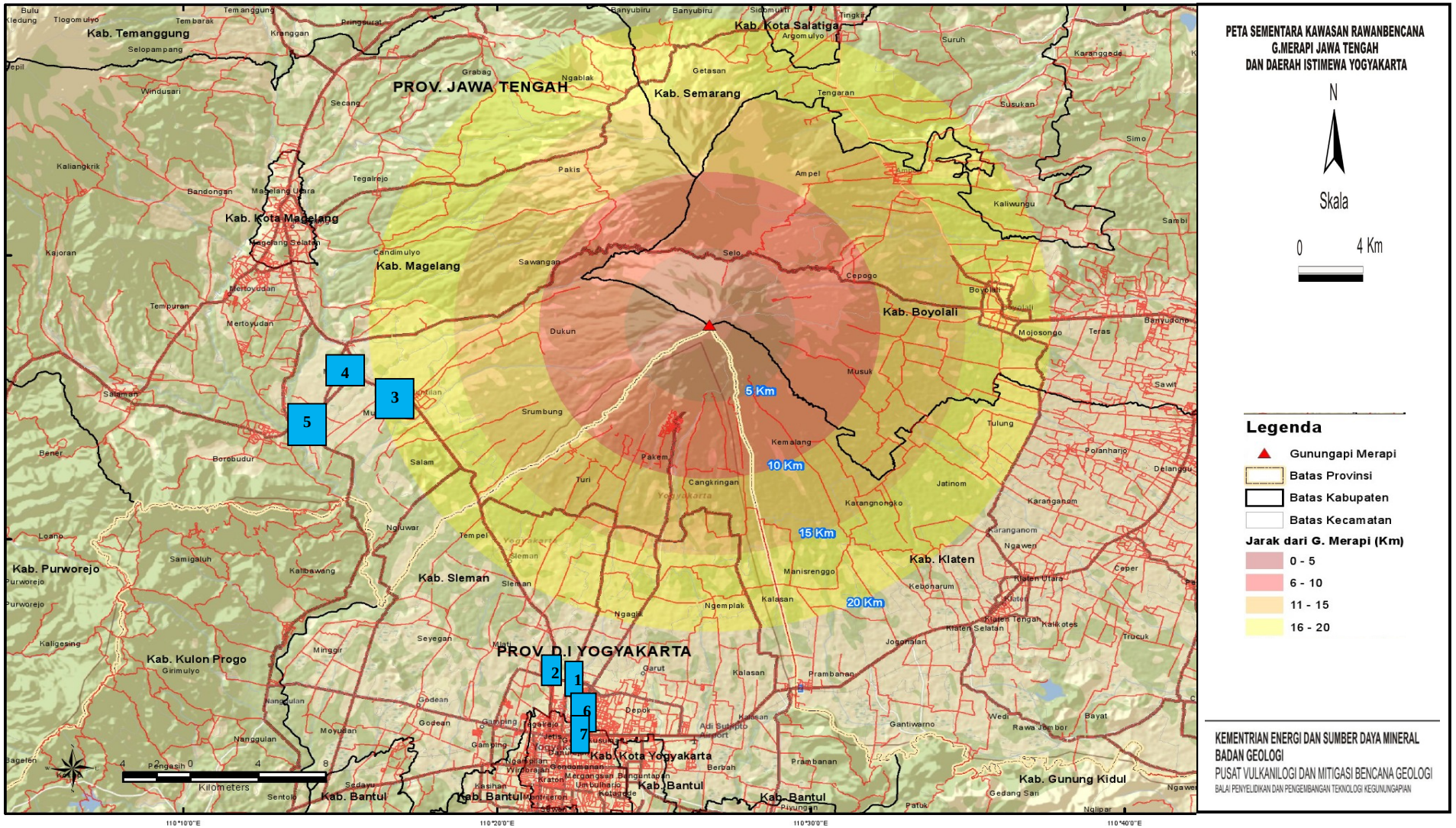
Pada penelitian ini penentuan lokasi sampling adalah berdasarkan **SNI 19-7119.6-2005** yaitu tentang "Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambient**",** maka titik lokasi sampling adalah sebagai berikut :

1. Wilayah administrasi Kab. Sleman di Perempatan Jalan Monjali-RingRoad Utara, dan di Perempatan Jalan Magelang-RingRoad Utara
2. Wilayah administrasi Kab. Magelang di Jalan Magelang tepatnya di Jembatan Keji Muntilan Terminal Lama dan di Jalan Perempatan Jalan Raya Borobudur-Magelang serta di Jalan Raya Borobudur di Utara Candi Mendut.
3. Wilayah administrasi Kota Yogyakarta di Bundaran UGM, dan di Perempatan Cikdiktiro

Adapun secara jelas titik lokasi sampling tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 :

PETA ZONASI BAHAYA (JARAK RADIUS 20 KM) DARI PUNCAK GUNUNGAPI MERAPI

Update Kondisi Ancaman Merapi Per Tanggal 4 November 2010



Keterangan Gambar :

1 Perempatan Jalan Monjali-RingRoad Utara

2 Perempatan Jalan Magelang-RingRoad Utara

3 Jalan Magelang tepatnya di Jembatan Keji Muntilan

4 Pertigaan Jalan Raya Borobudur-Jl. Magelang

5 Jalan Raya Borobudur di Utara Candi Mendut

6 Bundaran UGM

7 Perempatan Cikdiktiro

3.3. Objek Penelitian

Pengukuran kualitas udara dilakukan pada parameter partikel yaitu Total Suspended Partikulate (TSP), Partikulate Matter <10 µm (PM_{10}), dan Partikulate Matter < 2,5µm ($PM_{2,5)}$. Pemilihan parameter tersebut sebagai objek penelitian karena partikel debu merupakan salah satu indikator pencemaran udara yang memiliki karakteristik diantaranya adalah ukuran, kepadatan, kelengketan, sifat korosif, reaktivitas dan toksisitas iniliah yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan seperti ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut). Salah satu karakteristik yang paling penting dari suspensi partikel debu adalah distribusi ukuran partikel. Distribusi ukuran partikel debu terhadap saluran pernafasan pada manusia dapat dilihat pada gambar 2.2 pada halaman sebelumnya

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

1. Data Primer

   Didapat dari hasil monitoring kualitas udara ambient di lapangan pada saat penelitian yaitu data konsentrasi dari tiap parameter serta data-data meteorologi yang meliputi arah angin, kecepatan angin, tekanan udara, dan suhu udara ambient pada titik lokasi sampling.

2. Data Sekunder

Yaitu data-data profil gunung Merapi, kronologi erupsi gunung merapi tahun 2010, serta peta lokasi yang meliputi penempatan titik sampling dan puncak gunung merapi. Data ini diperoleh dari hasil pencarian di website resmi yang memberikan informasi tentang Gunung Merapi.

3.5. Metode Pemantauan dan Analisa

Metode pengambilan sampel kualitas udara ambien saat ini terbagi dalam dua kelompok besar yaitu pemantauan kualitas udara secara aktif (konvensional) dan secara pasif.

3.5.1. Total Suspended Partikulat (TSP)

3.5.1.1.Prinsip Pengukuran TSP

Pada penelitian ini untuk pengukuran TSP menggunakan metode aktif yaitu gravimetri dengan menggunakan sebuah alat High Volume Air Sampling (HVAS) dapat dilihat pada gambar 3.3.

(Sumber:Dokumentasi Pribadi,2011)

Gambar 3.2. Alat HVAS

Prinsip dasarnya adalah udara dihisap, maka total suspended particulate dengan ukuran < 100 µm akan terhisap dan tertahan pada permukaan filter kertas saring dengan porositas< 0,3 µm.

3.5.1.2.Tahapan Pengukuran TSP

Berdasarkan SNI 19-7119.3-2005 Pengambilan contoh uji dengan metode uji HVS mempunyai tahapan sebagai berikut :

- Persiapan alat HVAS :
    - Persiapkan kertas saring, menimbang kertas saring HVAS (M_0) dengan neraca analitik dengan menggunakan vinset dan sarung tangan (hati-hati jangan sampai banyak tersentuh oleh tangan)
    - Membersihkan tempat pemasangan kertas saring di HVAS, kemudian memasangnya dengan membuka atap alat HVAS, kemudian dipasangkan kembali atapnya.
    - Tutup dengan kuat tempat dipasangnya kertas saring, dan HVAS siap dipakai
- Nyalakan alat uji dan catat waktu serta tanggal, baca indikator laju alir dan catat pula laju alirnya (Q1) untuk diteruskan pembacaan hasil dari kalibrasinya. Catat pula temperatur dan tekanan baromatik. 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 setiap waktu.
- Pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas, lipat filter dengan partikulat tertangkap di dalamnya. Tempatkan lipatan filter dalam *alumunium foil* dan tandai untuk identifikasi.
- Setelah selesai pengambilan sampel, diukur berat kertas saringnya (M_t)

3.5.1.3. Metode Analisa TSP

Partikulat yang tertahan di permukaan filter ditimbang secara gravimetrik, sedangkan volume udara dihitung berdasarkan waktu sampling dan laju pengaliran. Berdasarkan SNI 19-7119.3-2005 , Berikut ini adalah persamaan 3.1 untuk menghitung konsentrasi partikel TSP [C] :

$$[C] = \frac{Mt - M0}{T \times Q} \quad \text{.....} \qquad \textbf{\textit{Persamaan 3.1}}$$

Keterangan : [C] = Konsentrasi (µg/m^3)

Mt = Berat Kertas Saring Akhir (µg)

M0 = Berat Kertas Saring awal (µg)

T = lama pengaliran/penghisapan udara dikertas saring (jam)

Q = Laju pengaliran/penghisapan udara (m^3/jam)

Kemudian konsentrasi [C] dikonversi kedalam keadaan standar dengan persamaan 3.2 berikut ini :

$$Cstandar = \frac{[C]}{\frac{Psampling}{Pstandar} \times \frac{Tstandar}{(273+Tsampling)}} \quad \text{.....} \qquad \textbf{\textit{Persamaan 3.2}}$$

Keterangan:

P sampling = Tekanan udara pada saat penelitian (mmHg)

P standar = Tekanan pada kondisi standar (760 mmHg)

T standar = Suhu pada kondisi standar yaitu 25^0C, konversi ke Kelvin 298^0 K

T sampling = Suhu udara pada saat penelitian (C)

Konsentrasi keadaan standar yang diperoleh dari persamaan 3.2 diatas akan dikonversikan ke persamaan model konversi *Canter* untuk mendapatkan konsentrasi udara dengan waktu pengambilan udara 24 jam. Persamaan konversi *Canter* sebagai berikut :

$$C_1 = C_2 \left(\frac{t2}{t1}\right)^p \quad \text{.....} \qquad \textbf{\textit{Persamaan 3.3}}$$

Keterangan :

C_1 = Konsentrasi udara rata-rata dengan lama pengambilan sample t1 (µg/m3)

C_2 = Konsentrasi udara rata-rata hasil pengukuran dengan lama pengambilan sample t2 (µg/m3)

t_1 = lama pengambilan sample (24 jam)

t_2 = lama pengambilan sample dari hasil pengukuran sample (jam)

p = faktor konversi 0,17 – 0,2

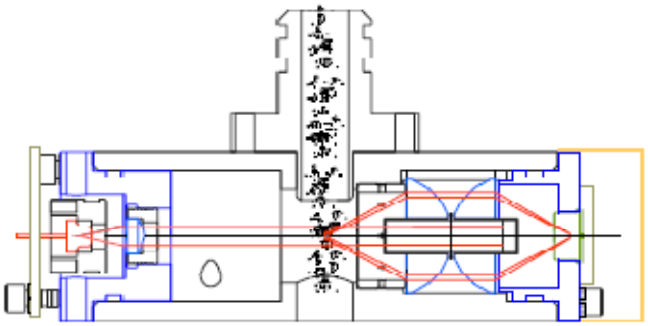
Setelah konsentrasi hasil konversi didapatkan kemudian dianalisa membandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999.

3.5.2. Partikulate Matter (PM)

3.5.2.1.Prinsip Pengukuran PM

Alat yang digunakan adalah E-sampler, yaitu sebuah alat yang bermetode personal sampler. Prinsip alat ini adalah gas udara yang mengandung partikulat dihisap ke dalam tembakan cahaya yang secara terus menurus dan cahaya akan tersebar memotong partikulat dan kemudian akan difokuskan kembali sehingga dikonversikan kedalam sinyal listrik. Pada alat ini sebanyak 40 kali terjadi pengukuran disetiap detik dan dirata-ratakan secara otamotis di data log. Untuk memperjelas dapat melihat pada gambar 3.3 dibawah ini :

.



(Sumber:Met One Instrument,Inc ,2002)

Gambar 3.3. Proses Penembakan Cahaya di dalam E-Sampler

Pengukuran PM 10 dan PM 2.5 adalah partikulat atau debu dengan diameter ≤10 mikron dan ≤ 2.5 mikron . Untuk pengukuran partikulat dengan diameter tersebut di atas diperlukan teknik pengumpulan impaksi , dengan cara tersebut dimungkinkan untuk memisahkan debu berdasarkan diameternya. Jadi pada alat E-Sampler hal ini dilakukan dengan mengganti penyaring yang berada diatas atau diujung lubang tepat inletnya udara masuk. *(*Met One Instruments,2002)

3.5.2.2.Tahapan Pengukuran PM

Pelaksanaan pemantauan menggunakan metode personal sampler alat E-Sampler mempunyai beberapa tahap yang akan dilaksanakan, tahapan tersebut antara lain :

1. Persiapan E-Sampler
    - Mengecek aki yang digunakan sebagai listrik sumber energi alat tersebut dengan mencoba menyalakan, dan mematikannya
    - Melihat kondisi semua komponen secara fisik pada alat tersebut, baik komponen utama, Adaptor kabel listrik DC, dan Penyaring PM_{10} PM $_{2,5}$
    - Menyiapkan tripot atau dudukkan dari E-Sampler
2. Pengambilan sample
    - Memasang Komponen utama dipasang ke tripod
    - Memasang Aki dengan menyambungkan kabel yang sesuai
    - Memasang Kabel Adaptor Listrik DC,
    - Memasang Penyaring PM yang akan digunakan
    - Menyalakan atau menjalankan E-Sampler dengan menekan tombol ON
3. Lama pengambilan sampel
    - Jalan Monjali untuk parameter PM10 selama 4 jam dan PM2,5 selama 4 jam
    - Jalan Magelang untuk parameter PM10 selama 2 jam dan PM2,5 selama 2 jam
    - Jalan Muntilan untuk parameter TSP, PM10, dan PM2,5 masing-masing selama 15 menit dan PM2,5 selama 15 menit
    - Jalan Raya Borobudur (perempatan) untuk parameter TSP, PM10, dan PM2,5 masing-masing selama 15 menit
    - Jalan Raya Borobudur (Candi Mendut) untuk parameter TSP, PM10, dan PM2,5 masing-masing selama 15 menit.
    - Bunderan UGM untuk parameter TSP, PM10, dan PM2,5 masing-masing selama 15 menit

- Perempatan Cikdiktiro untuk parameter TSP, PM10 dan PM2,5 masing-masing selama 15 menit.

4. Setelah selesai sampling dengan menekan kembali tombol ON/OFF, dan data akan terekam otomatis di data log E-Sampler
5. Memindahkan data dari datalog E-sampler ke dalam software "commet" bawaan dari E-sampler agar bisa terhubung ke komputer dengan mengkoneksikan kabel USB dari E-Sampler
6. Selesai data didapatkan dalam bentuk excel

3.5.2.3. Metode Analisa PM

Pada prinsip pengukuran yang menggunakan metode personal sampler yaitu dimana nilai konsentrasi telah didapatkan secara komputerisasi. Akan tetapi data dari alat E-Sampler belum dirata-ratakan, sehingga perlu dicari nilai rata-rata konsentrasi selama waktu sampling. Kemudian dari data konsentrasi tersebut dapat di konversikan dengan konversi *Canter* (persamaan 3.3) menjadi konsentrasi selama 24 jam.

3.5.3. Metoda Identifikasi Karakteristik Fisik dan Kimiawi Abu Vulkanik

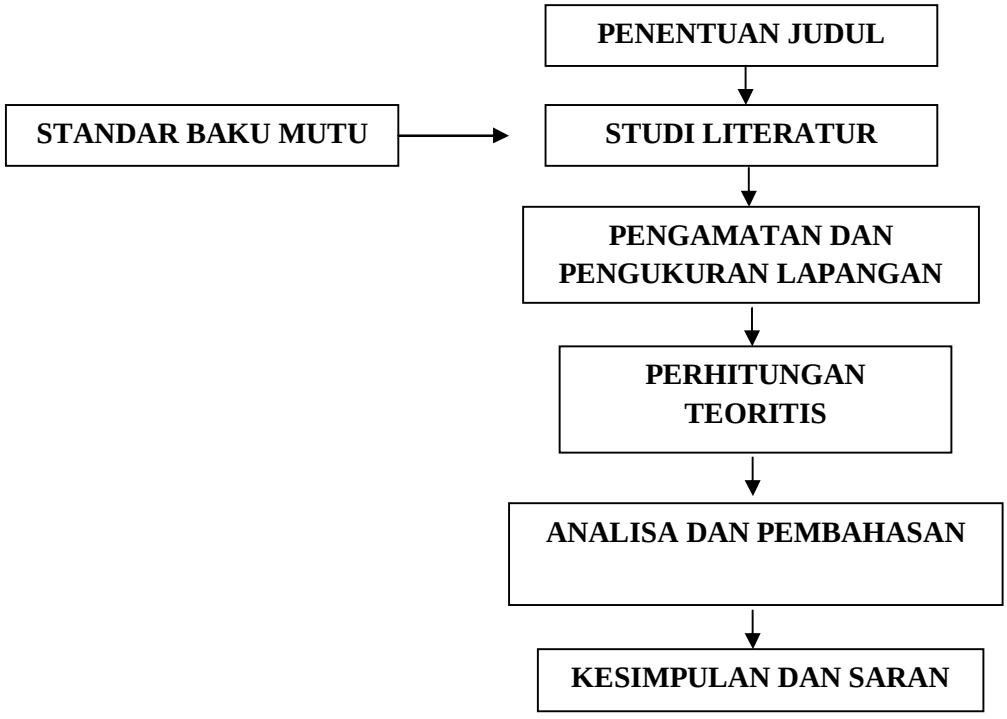
Metoda pengujian untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimiawi dari suatu partikel adalah menggunakan metode uji analisis Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Diverse Analysis X-Ray (EDAX). Scanning Electron Microscope (SEM) adalah teknik pencitraan suatu area kecil dari sample padatan, dimana sinar X ditembakkan oleh berkas electron yang difokuskan untuk menghasilkan berbagai sinyal pada permukaan suatu sample padatan. Sinyal yang berasal dari interaksi antar electron sebuah sample dapat mengungkapkan informasi tentang sample tersebut baik tekstur atau morfologi ekternal, komposisi kimia, dan struktur kristal serta bahan-bahan yang membentuk suatu sample atau yang disebut dengan Energy Diverse Analysis X-Ray (EDAX).(http://serc.carleton.edu)

Pada perangkat alat SEM-EDAX dengan memilih mode deteksi yang tepat akan dapat diperoleh hasil baik kontras, topografi, maupun komposisi. Mode yang menghasilkan topografi sample memiliki kemampuan memberbesar

resolusi ukuran sample 10 µm, dan untuk mode yang menghasilkan komposisi kimia sample memiliki kemampuan menangkap wilayah besaran sample hingga 100 µm Analisa SEM dianggap non destruktif yaitu sinar X yang dihasilkan dari interaksi antar electron tidak mengakibatkan hilangnya volume sample sehingga memungkinkan untuk dianalisa berulang kali pada bahan sample yang sama. (Reed, 2005)

Di Indonesia laboratorium yang memiliki peralatan untuk analisa scan electron microscope dan energy diverse analysis X-Ray adalah Laboratorium Metalurgi LIPI, dan Laboratorium Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) BATAN.

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir

BAB IV
HASIL PEMANTAUAN DAN PEMBAHASAN

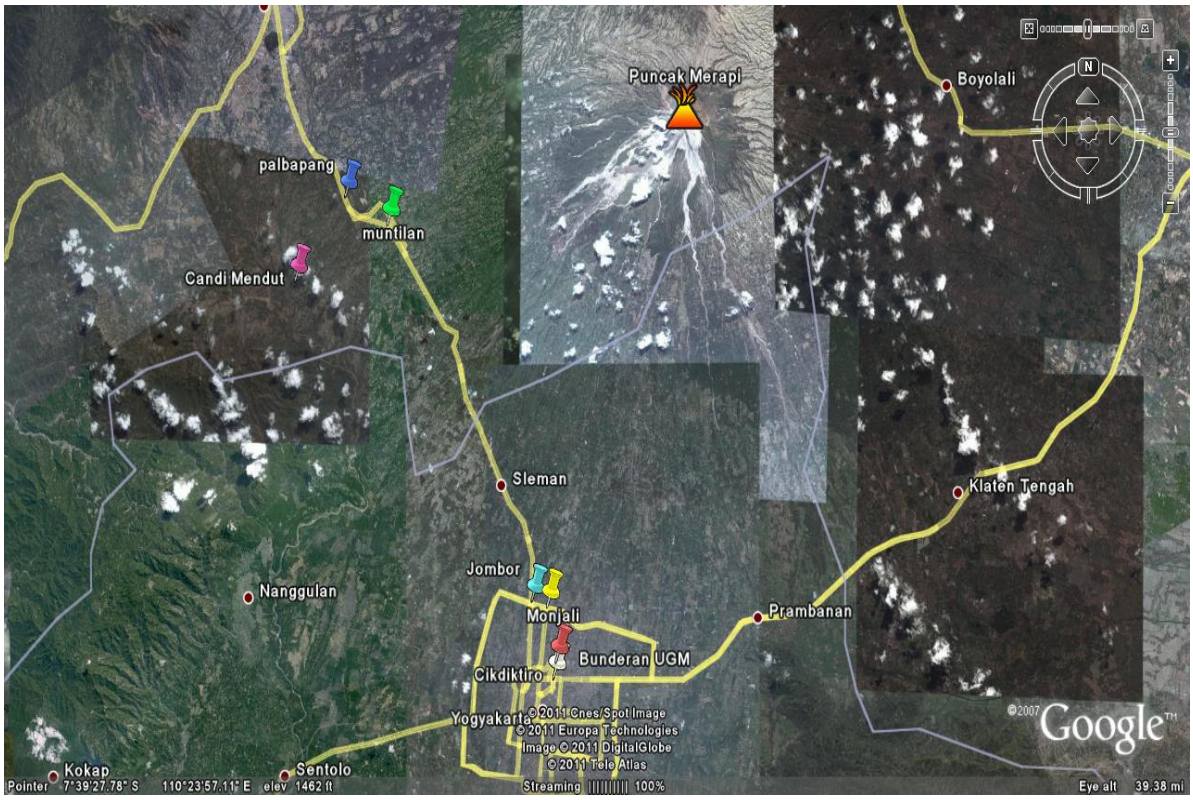
4.1. Kondisi Fisik Lokasi Pemantauan

Lokasi pemantauan dilaksanakan pada 7 titik lokasi di 3 wilayah administrasi pemerintahan yaitu : Kab. Sleman, Kab. Magelang, dan Kota Yogyakarta. Wilayah-wilayah tersebut merupakan area yang terkena dampak dari hujan abu vulkanik dari erupsi Gunung Merapi pada akhir tahun 2010. Pemilihan lokasi berdasarkan SNI 19-7119.6-2005 yaitu dimana titik-titik lokasi tersebut merupakan lokasi yang terkena paparan hujan abu letusan hasil erupsi merapi tahun 2010. Titik lokasi pemantauan kualitas udara ambien dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dibawah ini :

Tabel 4.1 Titik Lokasi Pemantauan

Wilayah Administrasi	Titik Lokasi Pemantauan	Posisi titik dari Puncak G.Merapi	Titik Koordinat
Kabupaten Sleman	Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara	25 km di sisi selatan	7°45'3.60"S 110°22'16.20"E
	Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara	25 km di sisi selatan	7°44'55.27"S 110°21'44.77"E
Kabupaten Magelang	Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)	18,7 km di sisi barat	7°34'46.56"S 110°16'56.45"E
	Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur	21 km di sisi barat	7°34'2.70"S 110°15'31.03"E
	Jl. Raya Borobudur (timur Candi Mendut)	25 km di sisi barat	7°36'18.12"S 110°13'49.57"E
Kota Yogyakarta	Bundaran Universitas Gajah Mada	28 km di sisi selatan	7°46'32.90"S 110°22'34.05"E
	Perempatan Cikdiktiro	29 km di sisi selatan	7°46'58.60"S 110°22'29.35"E

Gambar lokasi titik pemantauan dan Puncak Gunung Merapi dapat dilihat pada G**ambar 4.1** dibawah ini.



(sumber : Google Earth Map:2011)

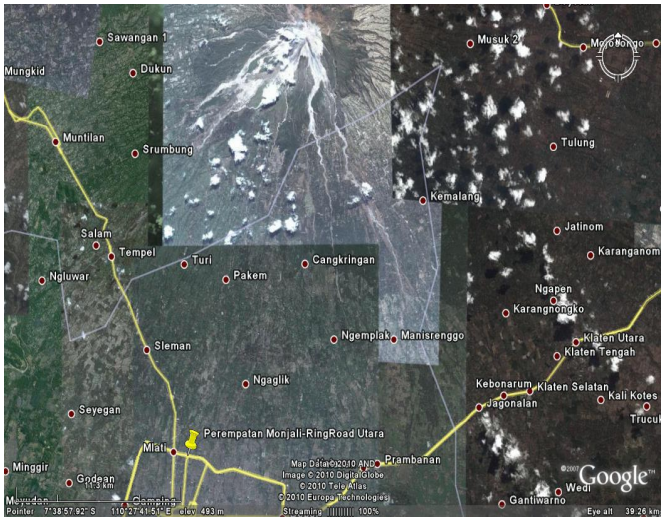
Gambar 4.1. Titik Lokasi Sampling dan Puncak Gunung Merapi

4.1.1. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kabupaten Sleman

Kabupaten Sleman merupakan salah salah satu daerah yang berada disekitar lereng gunung merapi. Hampir sebagian besar wilayah gunung merapi berada di kabupaten Sleman, oleh karena itu ada dua titik pemantauan kualitas udara berada pada wilayah kabupaten Sleman. Lokasi pertama yaitu di Perempatan Monjali-RingRoad Utara. Pada lokasi perempatan Monjali-RingRoad Utara ini merupakan wilayah administrasi Kecamatan Sariharjo di Kab.Sleman. Perempatan Monjali-RingRoad Utara adalah salah satu titik lalulintas yang cukup padat, terutama pada jam sibuk. Apalagi lokasi ini berada di sebelah timur tempat wisata Monumen Jogja Kembali, yang merupakan salah satu tempat paling sering dikunjungi wisatawan baik yang berasal dari luar maupun dari dalam daerah DIY.

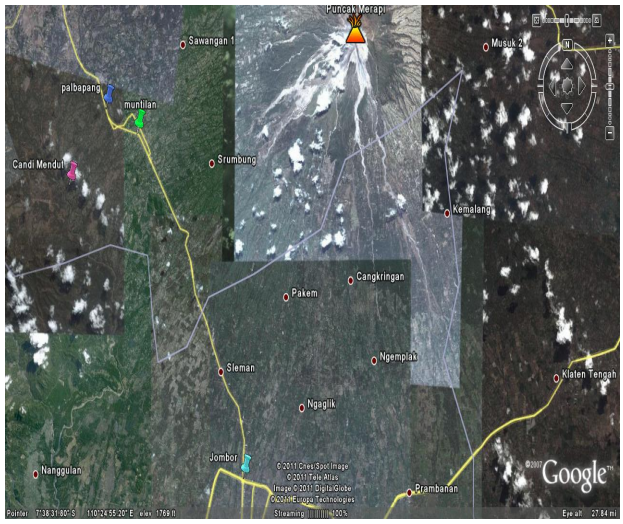
Saat erupsi merapi tahun 2010 titik lokasi Monjali-RingRoad Utara termasuk daerah yang terkena dampak dari hujan abu vulkanik merapi. Jarak titik lokasi ini yaitu 25 Km di sebelah Selatan dari Puncak Gunung Merapi. Dampak dari hujan abu ini adalah banyak aktivitas masyarakat sekitar lokasi ini yang terhenti, seperti rumah makan, pertokoan dan lain sebagainya. Hujan abu yang terjadi memang tidak berlangsung lama akan tetapi debu yang jatuh masih bertebangan di jalan hingga masuk ke dalam rumah dan bangunan-bangunan sekitar. Kondisi tersebut diperparah dengan lalu lintas yang padat di titik lokasi tersebut sehingga debu semakin mudah untuk melayang atau tersuspensi. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik di Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara dapat dilihat pada **gambar 4.2.**

Lokasi kedua titik pemantauan kualitas udara Kab.Sleman yaitu di Perempatan Jalan Magelang-Jalan RingRoad Utara. Lokasi pemantauan ini berada dekat dengan terminal Bis Jombor. Oleh karena itu lalu lintas di lokasi ini juga termasuk padat karena memang jalan magelang merupakan salah satu jalan raya yang menghubungkan antara kota Yogyakarta dengan Kabupaten Magelang. Posisi titik lokasi pemantauan ini berjarak sekitar 25 Km di sebelah selatan dari Puncak Gunung Merapi. Demografi lokasi ini padat karena memang selain lalulintas antar kota juga banyak aktivitas masyarakat yang lainnya seperti pertokoan dan rumah makan. Dampak hujan abu vulkanik tampaknya tidak terlalu berpengaruh terhadap lokasi terlihat dari masih banyak aktifitas masyakarat sekitar. Debu yang berterbangan masih sama dengan lokasi sebelumnya yaitu di monjali yang masih terlihat berterbangan atau melayang karena terbawa angin maupun arus lalulintas. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik di Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara dapat dilihat pada **gambar 4.3.**



(a) **(b)**

Gambar 4.2 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Monjali-Ringroad (b) lokasi titik sampling tampak atas



(a) **(b)**

Gambar 4.3 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Monjali-Ringroad (b) Lokasi titik sampling tampak atas

4.1.2. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kabupaten Magelang

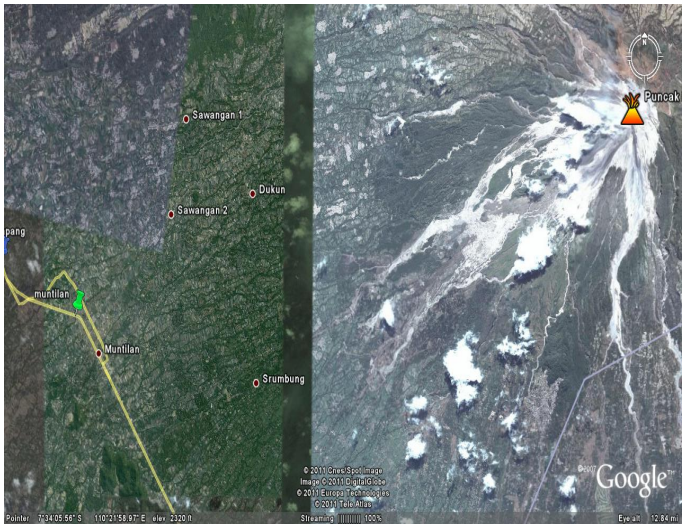
Wilayah administrasi kabupaten Magelang merupakan salah satu wilayah yang termasuk di dalam lereng Merapi. Ada 3 titik lokasi pemantauan berada di wilayah administrasi kabupaten Magelang yaitu Jalan Magelang di Jembatan Keji yang tidak jauh dari terminal Bis Muntilan, Pertigaan Jalan Magelang-Jl.Raya Borobudur atau Palbapang dan Jl.Raya Borobudur di selatan candi Mendut.

Jalan magelang berada di Kecamatan Muntilan Kabupaten Magelang merupakan salah satu jalan raya besar yang menghubungkan kota Yogyakarta dan Kabupaten Magelang. Jalan ini termasuk didalam radius area berbahaya yaitu 20 Km dari erupsi Gunung Merapi tahun 2010, karena lokasi ini berjarak sekitar 18,75 Km disebelah barat dari Puncak Gunung Merapi. Lokasi ini secara fisik pada saat hujan abu vulkanik terlihat sangat memprihatinkan. Hampir semua aktifitas terhenti di wilayah ini. Akan tetapi lalulintas di jalan magelang masih normal sedikit terlihat lengang karena hujan abu vulkanik sedang terjadi. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik Jl. Magelang dapat dilihat pada **gambar 4.4.**

Pada titik lokasi pemantauan yang kedua yaitu di Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur. Titik lokasi pemantauan berada di pertigaan yang termasuk jalan dengan lalu lintas yang padat, karena memang selain Jl. Magelang merupakan jalan penghubung kota yogyakarta dan Kabupaten Magelang , Jl. Raya Borobudur juga termasuk salah satu jalan yang menuju tempat wisata candi Borobudur jadi secara fisik dapat terlihat kepadatan lalu lintas di pertigaan jalan ini.

Lokasi ini berada di sebelah barat dari puncak gunung Merapi. Jarak puncak merapi dengan titik lokasi pemantauan ini sekitar 21 Km. Lokasi ini sangat dekat dengan area bahaya erupsi merapi oleh karena itu terlihat debu dari hujan abu vulkanik menyelimuti lokasi ini. Selain itu dampak dari hujan abu vulkanik ini yaitu terlihat banyak aktifitas masyarakat sekitar yang terhenti. Pemukiman disekitar lokasi tidak terlalu padat karena memang lahan disekitar lokasi lebih dominan persawahan. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik Lokasi ini dapat dilihat pada **gambar 4.5**

Pada titik lokasi pemantauan yang ketiga untuk wilayah administrasi Kabupaten Magelang yaitu berada di selatan Candi Mendut Jalan Raya Borobudur. Lokasi ini berjarak cukup jauh dari sebelah barat puncak merapi yaitu sekitar 25 km, akan tetapi lokasi ini masih terkena paparan hujan abu vulkanik merapi. Salah satu dampak dari hujan abu vulkanik ini ditutupnya kawasan wisata Candi Mendut pada saat hujan abu vulkanik terjadi, karena memang debu masih pekat menyelimuti lokasi ini walau jarak dari puncak merapi cukup jauh. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik Lokasi ini dapat dilihat pada **gambar 4.6.**

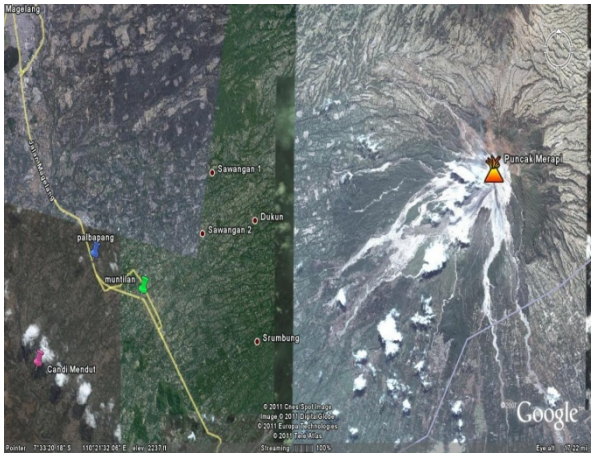


(a) **(b)**

Gambar 4.4 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Jalan Magelang (b) Lokasi titik sampling tampak atas

(a) **(b)**

Gambar 4.5 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Pertigaan Magelang-Borobudur (b) Lokasi titik sampling tampak atas



(a) **(b)**

Gambar 4.6 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Jalan Raya Borobudur (b) Lokasi titik sampling tampak atas

4.1.3. Kondisi Fisik Wilayah Administrasi Kota Yogyakarta

Kota Yogyakarta adalah salah satu wilayah administrasi kota yang terdekat dengan gunung Merapi. Kota ini menjadi salah satu kota yang juga terkena paparan hujan abu vulkanik Merapi pada tahun 2010. Banyak dampak dari hujan abu vulkanik terhadap kota ini, baik dari aspek kesehatan, ekonomi dan lingkungan. Aspek lingkungan contohnya terlihat secara fisik kondisi kabut karena debu yang bertebangan di jalan. Oleh karena itu ada beberapa titik lokasi pemantauan kualitas udara di wilayah administrasi kota Yogyakarta yaitu Bundaran Universitas Gajah Mada dan Perempatan Cikdiktiro.

Pada titik lokasi pemantauan di Bundaran Universitas Gajah Mada yang berada di sebelah selatan Puncak Gunung Merapi memiliki jarak sekitar 28 km dari puncak gunung Merapi. Lalu lintas di lokasi pemantauan terlihat padat, meskipun debu sangat pekat melayang menyelimuti seluruh lokasi ini. Oleh karena itu debu akan semakin sulit untuk jatuh mengendap karena arus lalu lintas yang padat ini. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik lokasi ini dapat dilihat pada **gambar 4.7.**

Titik lokasi pemantauan yang kedua yaitu berada di perempatan Cikdiktiro. Titik lokasi pemantauan berjarak sekitar 29 km di sebelah selatan dari puncak Gunung Merapi. Meskipun jarak cukup jauh dari daerah bahaya merapi akan tetapi lokasi ini masih terkena paparan hujan abu vulkanik. Lokasi ini cukup padat lalu lintasnya dan aktifitas masyarakat sekitar juga terlihat sangat ramai baik perkantoran, rumah makan, maupun pertokoan. Untuk lebih jelasnya tentang kondisi fisik lokasi ini dapat dilihat pada **gambar 4.8.**

(a) **(b)**

Gambar 4.7 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Bundaran UGM (b) Lokasi titik sampling tampak atas

(a) **(b)**

Gambar 4.8 (a) Kondisi Fisik Lingkungan Perempatan Cikdiktiro (b) Lokasi titik sampling tampak atas

4.2. Hasil dan Analisa Pemantauan

Dari hasil pemantauan kualitas udara ambien saat erupsi Merapi yang dilakukan pada sebagian wilayah Jawa tengah dan D.I. Yogyakarta dengan parameter TSP, $PM_{2,5}$, dan PM_{10} yaitu akan dibahas satu persatu berikut ini.

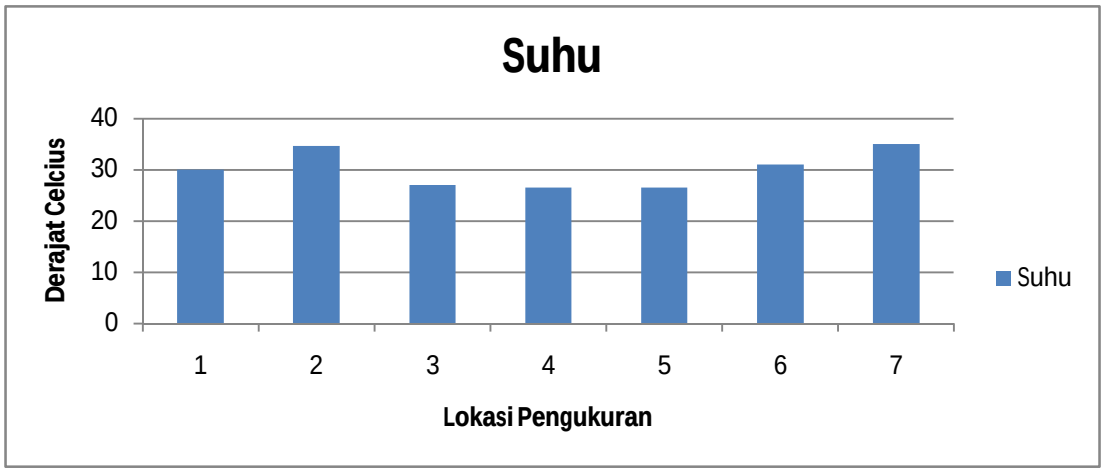
4.2.1. Hasil Pengukuran Meteorologi

Hasil pengukuran Meteorologi di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

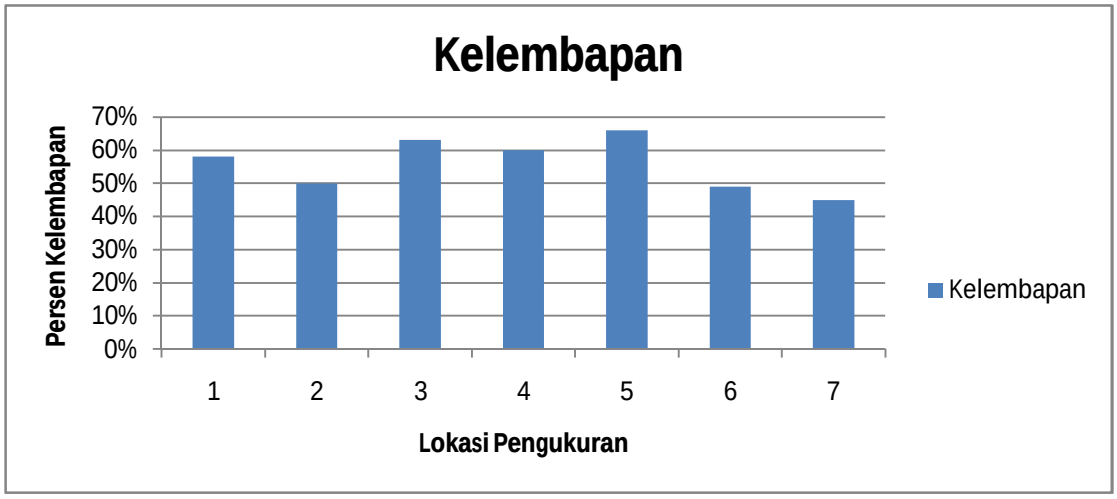
Tabel 4.2. Kondisi Meteorologi Lokasi Penelitian

No	Lokasi Penelitian	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Arah Angin
1	Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara	30^o	58%	Timur, Utara, Barat
2	Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara	34,6^o	50%	Utara
3	Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)	27^o	63%	Barat
4	Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur	26,5^o	60%	Barat
5	Jl. Raya Borobudur (timur Candi Mendut)	26,5^o	66%	Barat
6	Bundaran Universitas Gajah Mada	31^o	49%	Utara
7	Perempatan Cikdiktiro	35^o	45%	Utara

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.9 Suhu Lokasi Pemantauan



Gambar 4.10. Kelembapan Lokasi Pemantauan

4.2.2. Kronologi Erupsi 2010

Peningkatan status dari “normal aktif” menjadi “waspada” pada tanggal 20 September 2010 direkomendasi oleh Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungapian (BPPTK) Yogyakarta. Setelah sekitar satu bulan, pada tanggal 21 Oktober status berubah menjadi “siaga” sejak pukul 18.00 WIB. Pada tingkat ini kegiatan pengungsian sudah harus dipersiapkan. Karena aktivitas yang semakin meningkat, ditunjukkan dengan tingginya frekuensi gempa 41elative41e dan gempa vulkanik, sejak pukul 06.00 WIB tangggal 25 Oktober BPPTK Yogyakarta merekomendasi peningkatan status Gunung Merapi menjadi “awas” dan semua penghuni wilayah dalam radius 10 km dari puncak harus dievakuasi dan diungsikan ke wilayah aman.

Erupsi pertama terjadi sekitar pukul 17.02 WIB tanggal 26 Oktober. Sedikitnya terjadi hingga tiga kali letusan. Letusan menyemburkan material vulkanik setinggi kurang lebih 1,5 km dan disertai keluarnya awan panas yang menerjang Kaliadem, Desa Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman. Dan menelan korban 43 orang, ditambah seorang bayi dari Magelang yang tewas karena gangguan pernafasan.

Sejak saat itu mulai terjadi muntahan awan panas secara tidak teratur. Mulai 28 Oktober, Gunung Merapi memuntahkan lava pijar yang muncul secara bersamaan dengan keluarnya awan panas pada pukul 19.54 WIB. Namun demikian, berbeda dari karakter Merapi biasanya, bukannya terjadi pembentukan kubah lava baru, malah yang terjadi adalah peningkatan aktivitas semburan lava dan awan panas sejak 3 November. Erupsi eksplosif berupa letusan besar diawali pada pagi hari Kamis, 4 November 2010, menghasilkan kolom awan setinggi 4 km dan semburan awan panas ke berbagai arah di kaki Merapi. Selanjutnya, sejak sekitar pukul tiga siang hari terjadi letusan yang tidak henti-hentinya hingga malam hari dan mencapai puncaknya pada dini hari Jumat 5 November 2010. Menjelang tengah malam, radius bahaya untuk semua tempat diperbesar menjadi 20 km dari puncak. Rangkaian letusan ini serta suara gemuruh terdengar hingga Kota Yogyakarta (jarak sekitar 27 km dari puncak), Kota Magelang, dan pusat Kabupaten Wonosobo (jarak 50 km). Hujan kerikil dan pasir mencapai Kota Yogyakarta bagian utara, sedangkan hujan abu vulkanik pekat melanda hingga Purwokerto dan Cilacap. Pada siang harinya, debu vulkanik diketahui telah mencapai Tasikmalaya, Bandung, dan Bogor.

Letusan kuat 5 November diikuti oleh aktivitas tinggi selama sekitar seminggu, sebelum kemudian terjadi sedikit penurunan aktivitas, namun status keamanan tetap “Awas”. Pada tanggal 15 November 2010 batas radius bahaya untuk Kabupaten Magelang dikurangi menjadi 15 km dan untuk dua kabupaten Jawa Tengah lainnya menjadi 10 km. Hanya bagi Kab. Sleman yang masih tetap diberlakukan radius bahaya 20 km.

Berikut ini, dipaparkan kronologis Letusan dari Laporan BPPTK Yogyakarta :

Kronologi Letusan 30 Oktober 2010

- Tanggal 29 Oktober 2010 pukul 19:23, 20:20, 21:40 WIB terjadi awanpanas kecil-sedang arah ke K. Lamat, K. Senowo, K. Krasak.
- Tanggal 30 Oktober 2010 pukul 00:16 WIB terjadi awan panas besar dengan durasi 7 menit kearah K. Lamat, K. Senowo, K. Krasak.
- Pukul 00:35 WIB terjadi awanpanas besar dengan durasi 22 menit kearah K. Gendol, K. Kuning, K. Krasak, K. Boyong.
- Pada pukul 00:50 WIB terjadi ledakan di puncak gunung, letusan mencapai radius 2 km tampak dari Pos Selo, Jrakah, Ngepos, dan Kaliurang. Ketinggian asap mencapai 3,5 km. Getaran letusan dapat dirasakan oleh penduduk yang beradius 12 km (Desa Srumbung/Barat Daya G. Merapi).
- Hujan pasir mencapai radius 10 km (Desa Hargobinangun), sedangkan hujan abu dilaporkan terjadi di Desa Krasak Kabupaten Bantul.

Kronologi Letusan 1 November 2010

- Letusan diawali dengan adanya gempa low frequency pada pukul 09.47 WIB
- Diikuti dengan guguran dari ukuran kecil hingga sedang antara 09.50 WIB
- Guguran besar terjadi 10.00-10.02 WIB Beruntut diikuti awan panas pertama 10.03-10.05 WIB
- Awanpanas kedua menyusul pukul 10.05-10.08 WIB
- Awanpanas ketiga terjadi pukul 10.20-10.24 WIB
- Awanpanas keempat 10.56-10.59 WIB
- Awanpanas kelima 11.00- 11.02 WIB
- Awanpanas keenam 11.45-11.47 WIB
- Sebagian besar arah awanpanas mengalir ke Kali Gendol dan Kali Woro dengan jarak luncur 4 km (sampai ke Bukit Kendil)
- Asap sulfatara putih dan asap coklat pekat meluncur vertikal ke atas dengan ketinggian 1,5 km
- Arah angin bertiup ke Timur dan Utara.

Kronologi Letusan 2 November 2010

- Mulai pukul 00.00-06.00 WIB, cuaca 44elative kabut tipis hingga pekat.
- Pukul 06:30 WIB Awanpanas ke kali Gendol dengan jarak luncur mencapai 3,5 km dan ketinggian asap mencapai 700 m.
- Mulai pukul 06:30-12:00 WIB telah teramati dari pos Kaliurang, guguran ke kali Gendol sebanyak 5 kali dengan jarak luncur 1 km.
- Dari pos Selo dilaporkan, terjadi hujan abu tipis-sedang di Cepogo, Wonoboyo, dan Musuk (Kab. Boyolali).

Kronologi Letusan 3 November 2010

- Pukul 11.11-13.19 WIB terjadi awanpanas beruntun dengan durasi maksimum 2 menit. Sementara cuaca dalam keadaan kabut dan hujan, sehingga tidak bias melihat keadaan puncak G. Merapi.
- Pukul 13.27 WIB dan 13.30 WIB terjadi gempa vulkanik dangkal (VB) sebanyak 2 kali
- Pukul 14.00-14.03 WIB terjadi guguran besar beruntun sebanyak 4 kali, durasi makimum 1 menit
- Pukul 14.04 – 14.27 WIB terjadi rentetan awan panas dengan durasi maksimum 5 menit. Diperkirakan jarak luncur awan panas lebih dari 10 km, sehingga diputuskan untuk memperluas daerah aman hingga di luar radius 15 km
- Pukul 14.44 WIB terjadi awanpanas besar selama 1,5 jam
- Pukul 16.23 WIB aktivitas mulai reda
- Pukul 17.30 WIB dilaporkan bahwa awan panas mencapai 9 km di alur K. Gendol.
- pada pukul 16:05 WIB diputuskan untuk memperluas daerah aman diluar radius 15 km dari puncak G. Merapi

Kronologi Letusan 4 November 2010

- Pada 07:00 WIB teramati kolom asap letusan berwarna putih keabuan dengan ketinggian 8 km dari puncak G Merapi.
- Pukul 07:00 WIB sampai dengan pukul 13:00 WIB menunjukkan aktivitas G Merapi masih tinggi dengan ditunjukan adanya awan panas beruntun.
- Semua pos melaporkan bahwa suara gemuruh, dapat terdengar dari jarak lebih dari 15 km dari puncak.
- Pukul 18:00-24:00 WIB, semua pos melaporkan bahwa suara gemuruh, dapat terdengar pada jarak 20 km dari puncak G. Merapi.
- Bahkan pada Pukul 23:45 WIB, dapat terdengar dari Kantor BPPTK yang berjarak 30 km
- Terjadi hujan abu dan pasir serta bau belerang dari Srumbung (Kab. Magelang).

Kronologi Letusan 5 November 2010

- Mulai pukul 14:00-19:00 WIB, semua pos melaporkan bahwa G. Merapi tertutup kabut.
- Terdengar suara dentuman dari Wirobrajan Yogyakarta yang berjarak 30 km dari puncak G. Merapi
- Pukul 01:00 WIB, wilayah yang aman bagi para pengungsi diubah dari di luar radius 15 km, menjadi di luar radius 20 km dari puncak G. Merapi.

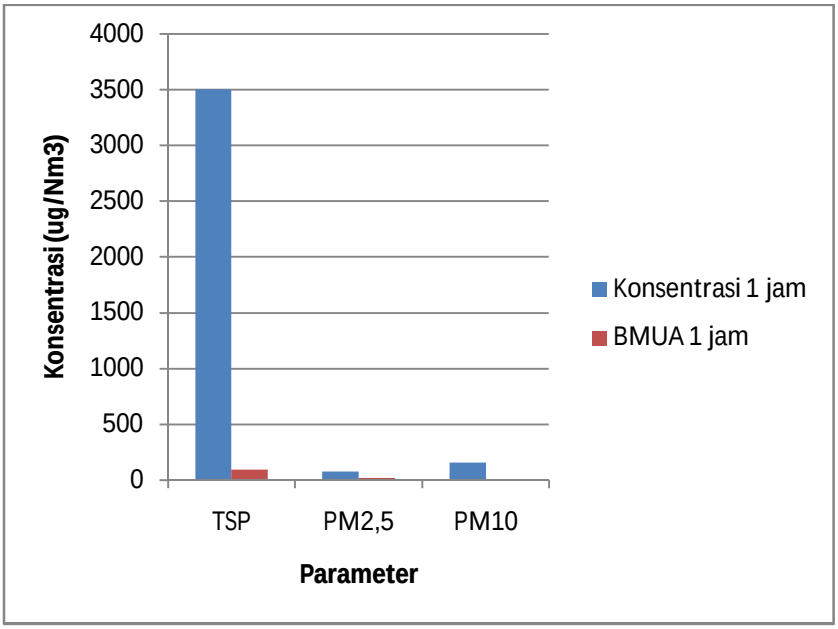
4.2.3. Hasil dan Analisa Pemantauan Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara

Pada lokasi monjali pemantauan dilakukan pada tanggal 1 november mulai pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 20.00 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP dilakukan selama 8 jam, $PM_{2,5}$ selama 4 jam dan PM_{10} selama 4 jam. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan di lokasi Monjali setelah dikonversi ke waktu pengukuran untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.3 Hasil Pemantauan Udara Ambien Monjali

Parameter	Konsentrasi ($\mu g/m^3$)	Konsentrasi 1 jam ($\mu g/Nm^3$)	Konsentrasi 24 jam ($\mu g/Nm^3$)
TSP	2405.636	3497.897	1974.099
$PM_{2,5}$	57.834	74.226	41.891
PM_{10}	121.987	156.561	88.358

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.11 Hasil Pemantauan di Monjali dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan diketahui kandungan parameter TSP, parameter $PM_{2,5}$, dan parameter PM_{10} secara berurutan yaitu 1974.099 $\mu g/Nm^3$, 41.891$\mu g/Nm^3$, dan 88.358 $\mu g/Nm^3$. Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999 hasil pemantauan dilokasi Monjali untuk parameter kandungan TSP hasil konversi waktu pengukuran 24 jam yaitu 1974.099 $\mu g/Nm^3$ telah melampaui batas baku mutu yaitu 230 $\mu g/m^3$. Sedangkan untuk hasil pemantauan parameter $PM_{2,5}$ dan PM_{10} dengan konversi waktu pengukuran selama 24 jam diketahui yaitu 41.891$\mu g/Nm^3$, dan 88.358 $\mu g/Nm^3$ tidak melampaui baku mutu. Akan tetapi hasil untuk parameter $PM_{2,5}$ jika menggunakan waktu pengukuran selama 1 jam maka nilainya konsentrasi $PM_{2,5}$ melampaui baku mutu, seperti terlihat pada grafik 4.11 diatas.

Jika dianalisis dengan kronologis erupsi merapi sebagai sumber dari tingginya kandungan parameter TSP dan $PM_{2,5}$ dapat diketahui bahwa erupsi tanggal 1 November bukan yang mempengaruhi udara ambien di wilayah monjali. Hal ini dikarenakan berdasarkan laporan BPPTK Yogyakarta letusan tersebut mengarah ke timur dan utara puncak Merapi. Dilaporkan arah angin tidak mengarah ke selatan yaitu letak wilayah monjali. Akan tetapi yang menjadi sumber dari tingginya kandungan parameter tersebut di wilayah monjali adalah letusan tanggal 29 Oktober yaitu pada malam hari mulai pukul 19:23 WIB sampai pada tanggal 30 Oktober dini hari pukul 00:50 WIB. Dilaporkan letusan menyebabkan hujan pasir mencapai radius 10 km (Desa Hargobinangun), sedangkan hujan abu hingga mencapai di Desa Krasak Kabupaten Bantul. Wilayah-wilayah yang dilaporkan tersebut merupakan wilayah selatan dari puncak gunung Merapi, dan inilah yang juga dialami oleh sebagian wilayah Kabupaten sleman dan kota Yogyakarta yang juga merupakan wilayah selatan puncak gunung Merapi.

Kabupaten Sleman tepatnya di wilayah Monjali merupakan salah satu lokasi pemantauan udara ambien dilakukan pada tanggal 1 November 2010 mulai pukul 12:00 WIB sampai pukul 20:00 WIB. Paparan hujan abu di wilayah ini tinggi selain karena jarak yang dekat dari puncak merapi yaitu sekitar 25 km sebelah selatan merapi, wilayah ini juga pada saat pemantauan yaitu pada tanggal 1 November masih belum terjadi hujan air. Ini berbeda dengan wilayah selatan puncak merapi lainnya yang telah mengalami hujan air. Faktor meteorologi inilah yang juga menjadi bahan pertimbangan dari pemilihan lokasi paparan hujan abu akibat letusan merapi tanggal 29 Oktober.

Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya tingkat pencemar TSP, $PM_{2,5}$, dan PM_{10} adalah kepadatan lalu lintas atau sumber bergerak seperti kendaraan bermotor (Alfiah 2009). Seperti diketahui titik lokasi saat pemantauan berada di pinggir badan jalan perempatan, dan jika melihat kondisi lalu lintas pada saat pemantauan terlihat padat, tidak adanya penurunan mobilitas kendaraan sehingga partikel yang tersuspensi akan semakin lama untuk tersuspensi sebelum jatuh ke tanah.. Oleh karena itu terlihat juga dilokasi pemantauan tidak adanya

aktifitas kegiatan masyarakat yaitu seperti pertokoan, perkantoran, rumah makan dan sebagainya.

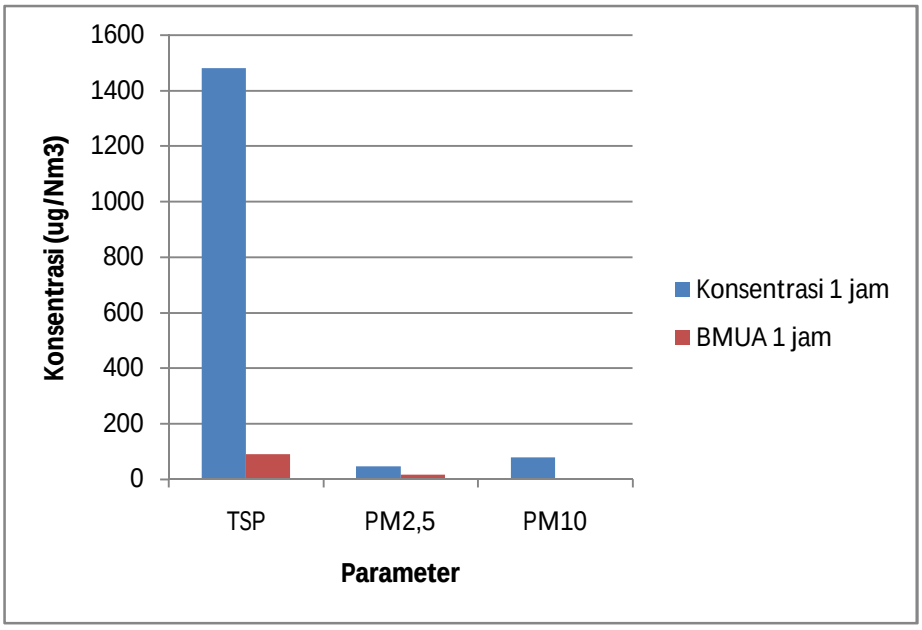
4.2.4. Hasil dan Analisa Pemantauan di Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara (Jombor)

Pada lokasi di Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara pemantauan dilakukan pada tanggal 2 november mulai pukul 12.40 WIB sampai dengan pukul 16.40 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP dilakukan selama 4 jam menggunakan alat HVAS, sedangkan $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing selama 2 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan setelah dikonversi ke waktu pengukuran untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.4 Hasil Pemantauan Udara Ambien Jombor

Parameter	Konsentrasi ($\mu g/m^3$)	Konsentrasi 1 jam ($\mu g/Nm^3$)	Konsentrasi 24 jam ($\mu g/Nm^3$)
TSP	1153.865	1480.900	835.772
$PM_{2,5}$	40.114	45.445	25.647
PM_{10}	69.139	78.327	44.205

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.12 Hasil Pemantauan Jombor dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan didapatkan parameter pencemar TSP, PM2,5 dan PM10 yaitu 835.772 µg/Nm^3 , 25.647 µg/Nm^3 dan 44.205 µg/Nm^3 . Dari hasil tersebut diketahui tingkat pencemar TSP masih tinggi hingga melampaui baku mutu PP No.41 Tahun 1999. Serta hasil untuk parameter $PM_{2,5}$ jika menggunakan waktu pengukuran selama 1 jam maka nilai konsentrasi $PM_{2,5}$ melampaui baku mutu, seperti terlihat pada gambar 4.12 diatas.

Jika menganalisa dari letak titik lokasi pemantauan yang berada di salah satu jalan yang padat lalu lintas maka ini bisa saja menjadi salah satu sumber dari besarnya tingkat pencemar TSP tersebut. Akan tetapi jika dilihat dari waktu pemantauan yaitu dilaksanakan tanggal 2 November yang tidak begitu jauh selang waktunya dari letusan merapi 30 Oktober maka inilah yang menjadi salah satu sumber tingginya pencemar TSP. Secara kronologi letusan merapi tanggal 2 November dilaporkan untuk wilayah lokasi pemantauan Jombor ini tidak mengalami hujan abu vulkanik, akan tetapi pada tanggal 30 Oktober lokasi ini terkena hujan abu vulkanik yang sangat pekat. Tanggal 2 november hujan abu vulkanik hanya di alami wilayah kabupaten boyolali.

Sejak mengalami hujan abu vulkanik merapi tanggal 30 Oktober lokasi pemantauan ini juga telah terguyur oleh hujan air, bahkan pada saat pemantauan kondisi cuaca lokasi ini sedang hujan ringan hingga sedang. Seperti diketahui dari hasil pemantauan dilokasi ini pencemar TSP lebih kecil dibanding pencemar TSP dilokasi sebelumnya yaitu di Monjali. Hal ini dikarenakan lokasi monjali belum mengalami hujan air sedangkan lokasi jombor ini telah mengalami hujan. Selain itu untuk pencemar parameter $PM_{2,5}$ dan PM_{10} juga tidak melampaui batas baku mutu udara ambien DIY. Keadaan meteorologi inilah yang menjadi faktor yang mempengaruhi konsentrasi pencemar parameter tersebut.

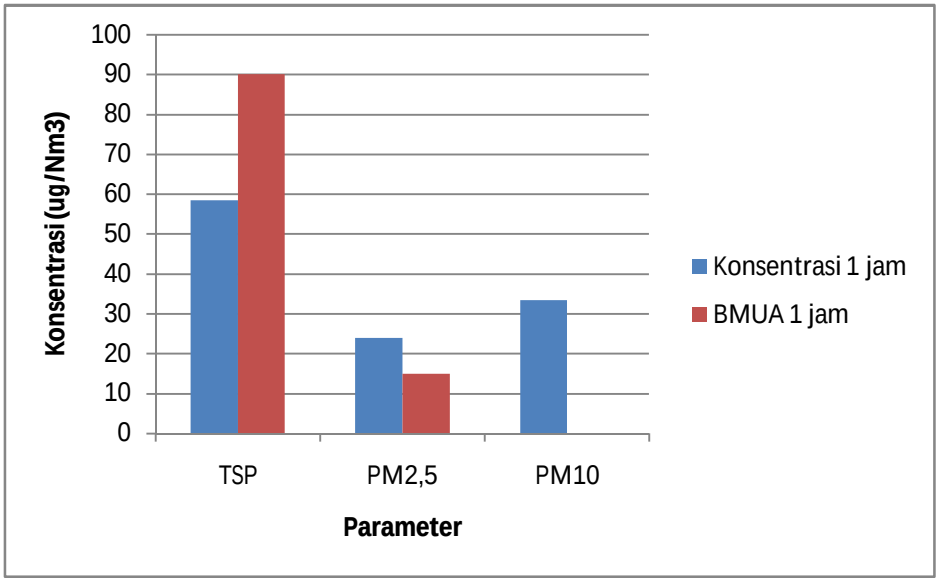
4.2.5. Hasil dan Analisa Pemantauan di Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)

Pada lokasi di Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan) pemantauan dilakukan pada tanggal 4 november mulai pukul 09.45 WIB sampai dengan pukul 10.30 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan setelah dikonversi ke waktu pengukuran untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.5 Hasil Pemantauan Udara Ambien Kec. Muntilan

Parameter	Konsentrasi (µg/Nm^3)	Konsentrasi 1 jam (µg/Nm^3)	Konsentrasi 24 jam (µg/Nm^3)
TSP	74.986	58.427	32.974
$PM_{2,5}$	30.727	23.942	13.512
PM_{10}	42.844	33.383	18.840

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.13 Hasil Pemantauan di Jombor dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, PM2,5 , dan PM10 dengan waktu pengukuran 24 jam masing-masing yaitu 27,15808 µg/Nm^3 , 13.512 µg/Nm^3 , dan 18.840 µg/Nm^3. Diketahui dari hasil pemantauan parameter tersebut tidak melampaui baku mutu udara

ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999. Akan tetapi jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter $PM_{2,5}$.

Waktu pemantauan dilakukan pada tanggal 4 November secara kronologis erupsi merapi juga sedang terjadi dengan ketinggian asap letusan mencapai 8 km. Erupsi merapi ini dilaporkan berdampak hujan abu vulkanik di Kab.Magelang. Arah angin pada saat erupsi merapi mengarah ke arah barat dan barat laut. Seperti diketahui wilayah lokasi pemantauan berada di wilayah administrasi Kab.Magelang dan berada 18,75 km dari sebalah barat puncak Merapi. Titik lokasi pemantauan ini sangat dekat dengan radius bahaya merapi tanggal 3 November yaitu 15 km. Sehingga pada saat pemantauan lokasi ini sedang mengalami hujan pasir dan diketahui pasir tidak termasuk dalam ukuran partikel tersuspensi atau debu. Selain faktor lainnya adalah fakto terminologi yaitu cuaca pada lokasi yang mendung membuat kelembapan tinggi 63 % sehingga debu mudah untuk jatuh. Oleh karena itu inilah yang membuat parameter-parameter hasil pemantauan udara menunjukan hasil yang tidak melampaui batas baku mutu udara ambien.

Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya tingkat pencemar TSP, PM2,5, dan PM10 adalah kepadatan lalu lintas atau sumber bergerak seperti kendaraan bermotor (Alfiah 2009). Jika mengamati kondisi kepadatan tidak terlihat jalan raya magelang ini padat, meskipun jalan ini adalah salah satu jalan yang menghubungi kedua provinsi yaitu Provinsi DIY dan Jawa Tengah. Hal ini disebabkan memang pada saat pemantauan dan juga merupakan saat erupsi merapi terjadi wilayah ini menjadi sepi dari aktivitas masyarakat sekitar seperti perkantoran, pertokoan, rumah makan dan aktivitas lainnya, yang membuat mobilitas kendaraan menjadi sepi sehingga partikel yang tersuspensi atau debu menjadi mudah untuk jatuh.

4.2.6. Hasil dan Analisa Pemantauan di Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur

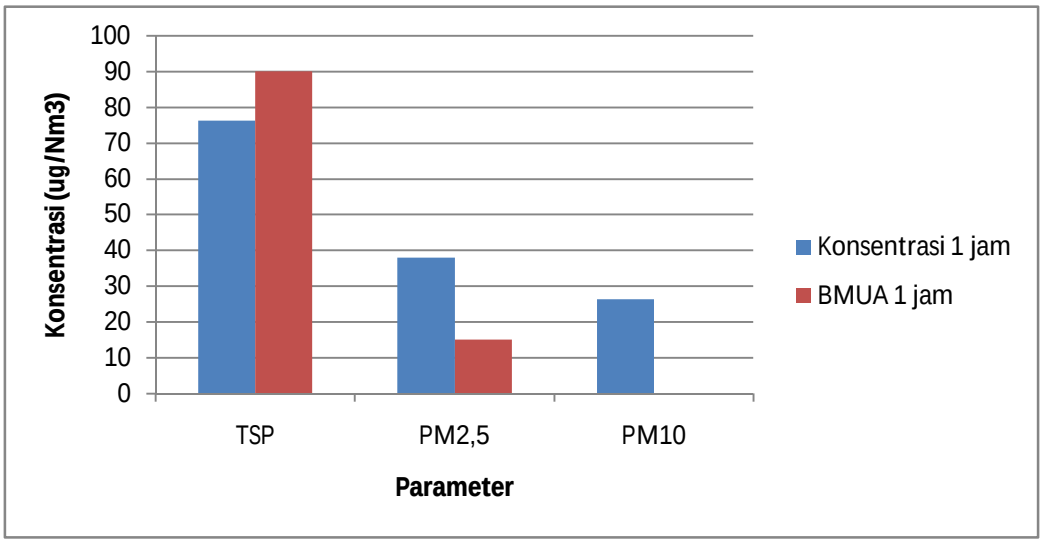
Pada lokasi di Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur pemantauan dilakukan pada tanggal 4 november mulai pukul 11.00 WIB sampai dengan pukul

11.45 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan di lokasi ini untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.6 Hasil Pemantauan Udara Ambien Palbapang

Parameter	Konsentrasi ($\mu g/m^3$)	Konsentrasi 1jam ($\mu g/Nm^3$)	Konsentrasi 24 jam ($\mu g/Nm^3$)
TSP	97.823	76.220	43.016
$PM_{2,5}$	48.703	37.947	21.416
PM_{10}	33.722	26.275	14.829

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.14 Hasil Pemantauan Palbapang dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, PM2,5 , dan PM10 dengan waktu pengukuran 24 jam masing-masing yaitu 43.016 $\mu g/Nm^3$, 21.416 $\mu g/Nm^3$, dan 14.829 $\mu g/Nm^3$. Diketahui dari hasil pemantauan parameter tersebut tidak melampaui baku mutu udara ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999. Akan tetapi jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter $PM_{2,5}$

Jika membandingkan dengan hasil pemantauan pada lokasi sebelumnya, Pada lokasi ini hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda dengan lokasi sebelumnya yaitu di lokasi muntilan. Hal ini dikarenakan lokasi ini berjarak dekat dengan lokasi sebelumnya. Jarak lokasi ini dengan lokasi sebelumnya hanya berjarak 5 km, akan tetapi lokasi ini memiliki jarak dengan puncak merapi lebih jauh daripada lokasi sebelumnya. Jarak pemantauan di lokasi ini dengan puncak merapi yaitu berjarak sekitar 21 km dari sebelah barat puncak merapi.

Secara kronologis waktu pemantauan dilakukan pada saat merapi sedang erupsi tanggal 4 November, dan dilaporkan asap letusan setinggi lebih dari 8 km mengarah ke barat sesuai dengan arah angin pada saat itu. Dilaporkan hujan abu vulkanik terjadi di wilayah magelang yang termasuk wilayah pemantauan ini. Hasil hasil pemantauan lokasi ini untuk parameter TSP dan PM2,5 mengalami peningkatan dari lokasi sebelumnya, akan tetapi tidak dengan PM10. Hal ini dikarenakan secara terminologi lokasi ini juga memiliki kondisi cuaca yang hampir sama dengan lokasi sebelumnya yaitu sedang mendung dengan suhu yang hampir sama dengan lokasi sebelumnya akan tetapi kelembapan berbeda yaitu menurun hingga mencapai 60 %. Jika membandingkan kelembapan lokasi ini yang rendah dari kelembapan lokasi sebelumnya mengakibatkan partikel tersuspensi akan lebih lama untuk tersuspensi sebelum jatuh ke tanah. Sehingga inilah yang membuat parameter-parameter hasil pemantauan udara pada lokasi ini mengalami peningkatan dari lokasi sebelumnya.

Faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi tingginya tingkat pencemar TSP, PM2,5, dan PM10 adalah kepadatan lalu lintas atau sumber bergerak seperti kendaraan bermotor (Alfiah 2009). Pada lokasi pemantauan dilakukan di sekitar pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur yang pada saat sebelum terjadi erupsi ini termasuk wilayah lalu lintas yang padat, akan tetapi berbeda pada saat bencana erupsi merapi ini yang secara pengamatan kondisi kepadatan tidak terlihat pertigaan jalan ini padat.

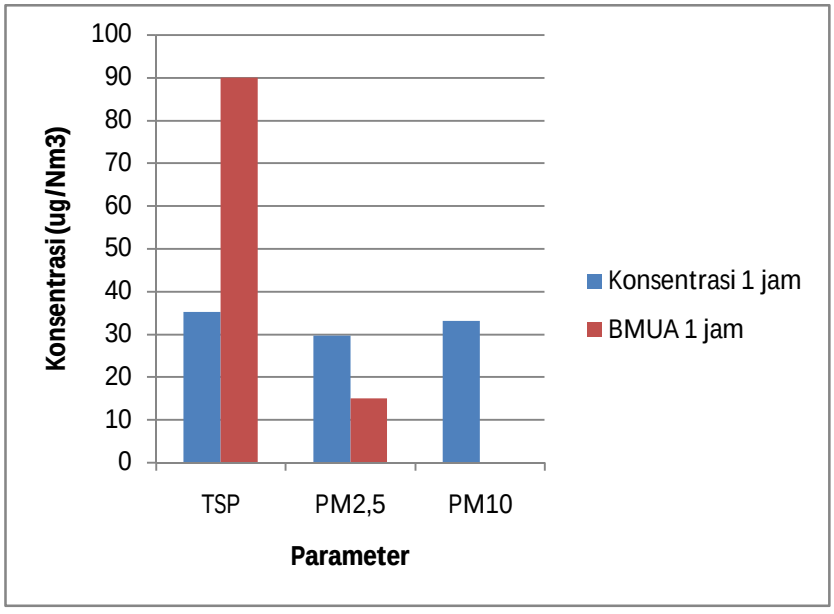
4.2.7. Hasil dan Analisa Pemantauan di Jl. Raya Borobudur (Timur Candi Mendut)

Pada lokasi Jl. Raya Borobudur tepatnya di Timur Candi Mendut pemantauan dilakukan pada tanggal 4 november mulai pukul 12.25 WIB sampai dengan pukul 13.10 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan di lokasi ini untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.7 Hasil Pemantauan Udara Ambien Candi Mendut

Parameter	Konsentrasi (µg/m^3)	Konsentrasi 1 jam (µg/Nm^3)	Konsentrasi 24 jam (µg/Nm^3)
TSP	45.201	35.219	19.876
$PM_{2,5}$	37.945	29.566	16.686
PM_{10}	42.472	33.092	18.676

(Sumber : Data Primer 2010)



Grafik 4.15 Hasil Pemantauan C.Mendut dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, PM2,5 , dan PM10 dengan waktu pengukuran 24 jam masing-masing yaitu 19.876 µg/Nm^3 , 16.686 µg/Nm^3 , dan 18.676µg/Nm^3 . Diketahui dari hasil pemantauan parameter tersebut tidak melampaui baku mutu udara ambien

Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999. Sedangkan jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter $PM_{2,5}$. Hasil ini dibandingkan dengan lokasi sebelumnya yaitu dilokasi wilayah administrasi Kabupaten Magelang lainnya adalah hampir sama tingkat konsentrasi parameter-parameter tersebut. Akan tetapi lokasi pada titik ini memiliki tingkat kandungan pencemar parameter TSP yang paling rendah dan untuk parameter $PM_{2,5}$ dan PM_{10} relatif tinggi dari lokasi wilayah administrasi kabupateb Magelang sebelumnya.

Lokasi pemantauan berada di dekat candi Mendut yang merupakan salah satu tempat wisata Kabupaten Magelang. Saat pemantauan tempat ini tutup dari segala macam aktifitas pengunjung dikarenakan memang pada saat tersebut secara kronologis gunung merapi juga sedang mengalami erupsi tanggal 4 November. Waktu pemantauan sama dengan lokasi lain wilayah administrasi kab. Magelang sebelumnya yaitu pada tanggal 4 November 2010. Jarak lokasi pemantauan ini cukup jauh dari puncak gunung merapi yaitu 25 km dari sebelah barat gunung merapi. Namun karena erupsi merapi tanggal 4 november ini merupakan salah satu erupsi 2010 yang terbesar dengan asap letusan mencapai ketinggian 8 km maka radius 25 km dari sebelah barat puncak merapi juga masih mengalami hujan abu vulkanik.

Tingkat pencemar partikel tersuspensi pada lokasi candi mendut ini reatif rendah dikarenakan banyak faktor, yaitu jarak dari puncak merapi, kondisi terminologi, dan aktifitas lalulintas disekitar titik pemantauan. Pada lokasi pemantauan untuk ini memiliki jarak yang cukup jauh dari puncak merapi. Sehingga abu vulkanik erupsi merapi tidak begitu banyak sampai dilokasi ini. Selain itu kondisi cuaca di lokasi pemantauan juga sama dengan lokasi lainnya yaitu sedang mendung dengan kelembapan yang relatif lebih tinggi dibanding lokasi-lokasi sebelumnya yaitu 66 %. Oleh karena itu partikel tersuspensi akan lebih mudah untuk jatuh ke tanah dari pada tersuspensi lama di udara ambien, sehingga tingkat pencemar TSP didapatkan cukup rendah tidak melampaui batas baku mutu. Faktor lain yang mempengaruhi tingkat pencemar partikel tersuspensi ini rendah dibandingkan lokasi sebelumnya adalah kepadatan lalu lintas atau

sumber bergerak seperti kendaraan bermotor. Seperti diketahui pada lokasi ini saat pemantauan dan juga saat erupsi merapi terjadi wilayah ini menjadi sepi dari aktivitas masyarakat sekitar seperti perkantoran, pertokoan, rumah makan dan aktivitas lainnya, yang membuat mobilitas kendaraan menjadi sepi sehingga partikel yang tersuspensi atau debu menjadi mudah untuk jatuh.

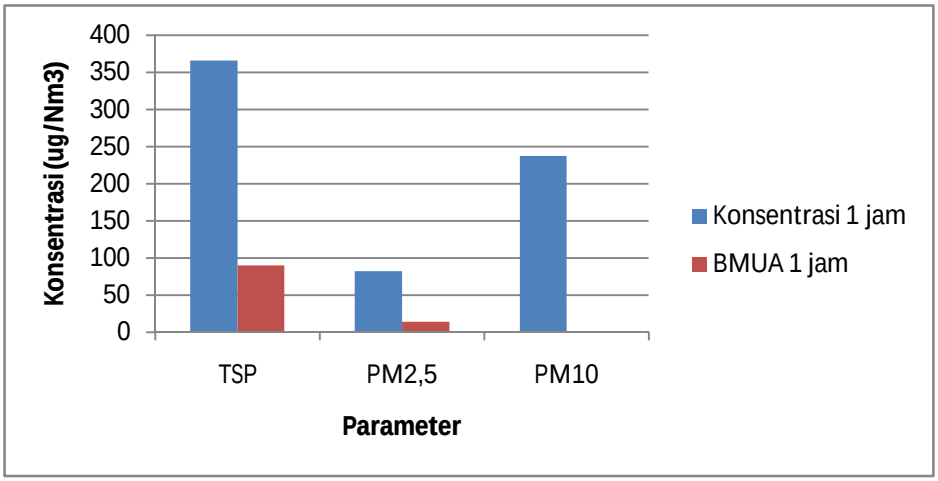
4.2.8. Hasil dan Analisa Pemantauan di Bundaran Universitas Gajah Mada

Pada lokasi Bundaran Universitas Gajah Mada pemantauan dilakukan pada tanggal 5 november mulai pukul 10:50 WIB sampai dengan pukul 11.40 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan di lokasi ini untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.8 Hasil Pemantauan Udara Ambien Bunderan UGM

Parameter	Konsentrasi ($\mu g/m^3$)	Konsentrasi 1 jam ($\mu g/Nm^3$)	Konsentrasi 24 jam ($\mu g/Nm^3$)
TSP	468.720	365.210	206.113
$PM_{2,5}$	106.153	82.710	46.679
PM_{10}	304.254	237.064	133.791

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.16 Hasil Pemantauan di Bunderann UGM dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, PM2,5 , dan PM10 dengan waktu pengukuran 24 jam masing-masing yaitu 206.113 µg/Nm^3 , 46.679 µg/Nm^3 , dan 133.791 µg/Nm^3 . Diketahui dari hasil pemantauan parameter tersebut tidak melampaui baku mutu udara ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999, namun jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter TSP dan $PM_{2,5}$.

Pada lokasi pemantauan ini yaitu di bundaran Universitas Gajah Mada wilayah administrasi kota Yogyakarta dilaksanakan pada tanggal 5 november. Secara kronologis erupsi merapi yang dilaporakan dari BPPTK pada tanggal 4 November pukul 23:45 telah terjadi letusan yang menghasilkan suara gemuruh terdengar hingga mencapai 30 km dari puncak merapi. Letusan pada waktu tersebut berdampak hujan kerikil, pasir, dan abu pada wilayah selatan gunung Merapi. Semakin dekat suatu wilayah dengan selatan puncak merapi tentunya akan mengalami hujan kerikil, dan wilayah yang semakin jauh dari selatan puncak merapi akan mengalami hujan abu vulkanik.. Kemudian dilaporkan juga pada tanggal 5 November dampak dari letusan tanggal 4 november pukul 23:45 wilayah yang aman bagi para pengungsi diubah dari di luar radius 15 km, menjadi di luar radius 20 km dari puncak G. Merapi. Besarnya letusan inilah membuat seluruh wilayah selatan gunung Merapi mengalami hujan abu vulkanik, termasuk wilayah pemantauan udara di bundaran UGM.

Jika dibandingkan dengan hasil pemantauan pada lokasi pemantauan yang lainnya, lokasi pemantauan pada bundaran UGM ini untuk parameter TSP, PM2,5 dan PM 10 didapatkan paling tinggi konsentrasinya, hingga melebihi baku mutu untuk waktu pengukuran 1 jam. Selain karena erupsi merapi yang menghasilkan hujan abu vulkanik pada lokasi ini , faktor lainnya yang membuat tingginya konsentrasi parameter tersebut adalah faktor terminologi pada lokasi. Diketahui kondisi cuaca pada lokasi pemantauan sedang cerah dengan suhu hingga 31^o C dan kelembapan hingga mencapai 49 %. Tingginya suhu dan rendahnya kelembapan akan membuat debu atau partikel tersuspensi akan semakin mudah untuk tersuspensi dan lama untuk jatuh ke tanah. Ditambah lagi faktor lainnya yaitu kondisi lalu lintas yang masih padat. Erupsi merapi pada

tanggal 4 november ini tidak membuat aktifitas masyarakat di selatan gunung merapi terhenti, terlihat dari masih beraktifitasnya perkantoran, pertokoan, dan sebagainya. Oleh karena itu mobilitas kendaraan masih padat sehingga partikel dari abu vulkanik akan tersuspensi kembali ketika adanya mobilitas kendaraan.

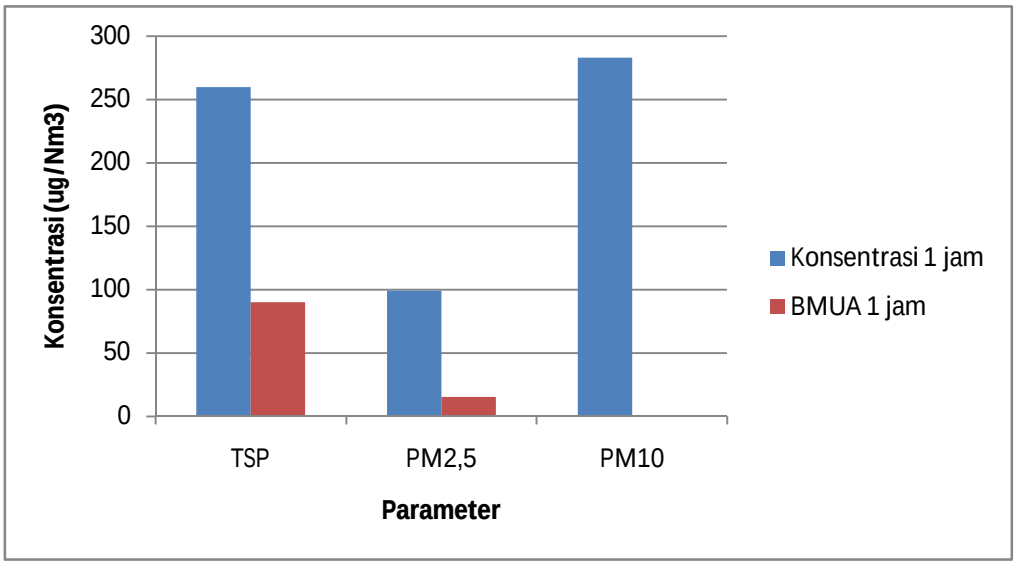
4.2.9. Hasil dan Analisa Pemantauan di Perempatan Cik Diktiro

Pada lokasi Perempatan Cik Diktiro pemantauan dilakukan pada tanggal 5 november mulai pukul 12:00 WIB sampai dengan pukul 13.30 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP dan $PM_{2,5}$ masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam sedangkan PM_{10} dilakukan pengukuran selama 1 jam dengan menggunakan alat E-Sampler. Berikut ini adalah tabel hasil pemantauan di lokasi ini untuk ketiga parameter tersebut:

Tabel 4.9 Hasil Pemantauan Udara Ambien Cikdiktiro

Parameter	Konsentrasi (µg/m^3)	Konsentrasi 1 jam (µg/Nm^3)	Konsentrasi 24 jam (µg/Nm^3)
TSP	333.298	259.694	146.563
$PM_{2,5}$	127.024	98.973	55.857
PM_{10}	282.608	282.608	159.495

Sumber : Data Primer 2010



Gambar 4.17 Hasil Pemantauan Cikdiktiro dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, $PM_{2,5}$, dan PM_{10} dengan waktu pengukuran 24 jam masing-masing yaitu 146,56 µg/Nm^3 , 55,85 µg/Nm^3 , dan 159,5 µg/Nm^3 . Diketahui dari hasil pemantauan parameter tersebut yang melampaui baku mutu udara ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999 adalah PM_{10}, namun jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter TSP dan $PM_{2,5}$

Pada lokasi pemantauan ini yaitu di Perempatan Cikdiktiro wilayah administrasi Kota Yogyakarta dilaksanakan pada tanggal 5 november. Secara kronologis erupsi merapi yang dilaporakan dari BPPTK pada tanggal 4 November pukul 23:45 telah terjadi letusan yang menghasilkan suara gemuruh terdengar hingga mencapai 30 km dari puncak merapi. Letusan pada waktu tersebut berdampak hujan kerikil, pasir, dan abu pada wilayah selatan gunung Merapi. Semakin dekat suatu wilayah dengan selatan puncak merapi tentunya akan mengalami hujan kerikil, dan wilayah yang semakin jauh dari selatan puncak merapi akan mengalami hujan abu vulkanik.. Kemudian dilaporkan juga pada tanggal 5 November dampak dari letusan tanggal 4 november pukul 23:45 wilayah yang aman bagi para pengungsi diubah dari di luar radius 15 km, menjadi di luar radius 20 km dari puncak G. Merapi. Besarnya letusan inilah membuat seluruh wilayah selatan gunung Merapi mengalami hujan abu vulkanik, termasuk wilayah pemantauan udara di perempatan Cikdiktiro.

Jika dibandingkan dengan hasil pemantauan pada lokasi pemantauan wilayah administrasi kota Yogyakarta yang lainnya yaitu lokasi pemantauan pada bundaran UGM, lokasi pemantauan Cikdiktiro ini untuk parameter TSP, PM2,5 dan PM 10 didapatkan relatif sama konsentrasinya dengan lokasi tersebut, Parameter yang tinggi hingga melebihi baku mutu untuk waktu pengukuran 1 jam adalah TSP dan PM2,5, sedangkan untuk parameter PM10 konsentrasinya lebih tinggi dibanding lokasi sebelumnya. Selain karena erupsi merapi yang menghasilkan hujan abu vulkanik pada lokasi ini , faktor lainnya yang membuat tingginya konsentrasi parameter tersebut adalah faktor terminologi pada lokasi. Diketahui kondisi cuaca pada lokasi pemantauan sedang cerah dengan suhu hingga 35^o C dan kelembapan hingga mencapai 42 %. Tingginya suhu dan

rendahnya kelembapan akan membuat debu atau partikel tersuspensi akan semakin mudah untuk tersuspensi dan lama untuk jatuh ke tanah. Akan tetapi untuk faktor lainnya yaitu kondisi lalu lintas terlihat agak lengang, hal ini dikarenakan waktu pemantauan dilakukan pada saat jam istirahat aktifitas masyarakat dan juga saat dimulainya ibadah shalat Jum'at. Mobilitas kendaraan terlihat lengang sehingga partikel dari abu vulkanik tidak akan tersuspensi kembali.

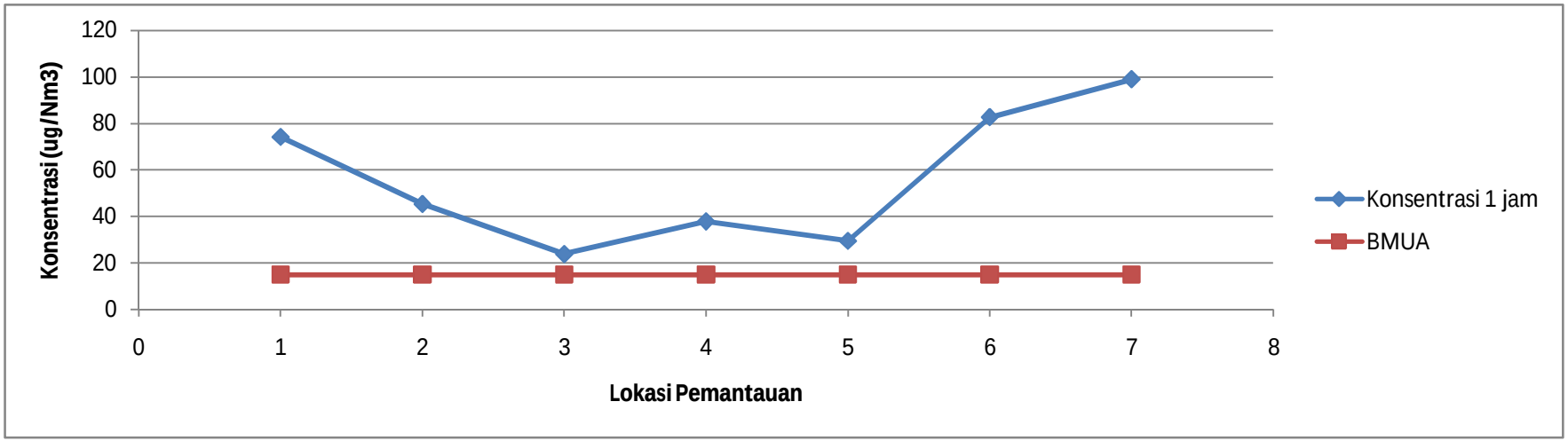
4.2.10. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Partikulat Matter 2,5 ($PM_{2,5}$)

Partikulat Matter 2,5 ($PM_{2,5}$) merupakan suatu partikel yang ukuran diameternya kurang dari 2,5 μm. Partikel dibawah 2,5 μm ($PM_{2,5}$) tidak disaring dalam sistem pernapasan bagian atas dan menempel pada gelembung paru, sehingga dapat menurunkan pertukaran gas. Oleh karena itu $PM_{2,5}$ dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap sistem pernafasan manusia. Hasil dari pengukuran Particulate Matter 2,5 ($PM_{2,5}$) di 7 titik kawasan didapatkan berbeda-beda, hal ini disebabkan karena banyak faktor yang mempengaruhinya. Hasil dari pengukuran Particulate Matter 2,5 (PM2,5) dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran $PM_{2,5}$

Titik Lokasi Pemantauan	Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran $PM_{2,5}$ ($\mu g/Nm^3$)	$PM_{2,5}$ dengan waktu pengukuran 1 jam ($\mu g/Nm^3$)		$PM_{2,5}$ dengan waktu pengukuran 24 jam ($\mu g/Nm^3$)	
			$PM_{2,5}$	BMUA	$PM_{2,5}$	BMUA
Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara	Tanggal 1 November 2010 Pukul 12:00-16:00 WIB	57.834	74.226	15	41.891	65
Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara	Tanggal 2 November 2010 Pukul 12:40-14:40 WIB	40.114	45.445	15	25.647	65
Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 10:00-10:15 WIB	30.727	23.942	15	13.512	65
Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur	Tanggal 4 November 2010 Pukul 11:20-11:35 WIB	48.703	37.947	15	21.416	65
Jl. Raya Borobudur (timur Candi Mendut)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 12:40-12:55 WIB	37.945	29.566	15	16.686	65
Bundaran Universitas Gajah Mada	Tanggal 5 November 2010 Pukul 11:15-11:30 WIB	106.153	82.710	15	46.679	65
Perempatan Cikdiktiro	Tanggal 5 November 2010 Pukul 12:55-13:10 WIB	127.024	98.973	15	55.857	65

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi $PM_{2,5}$ dengan waktu pengukuran 1 jam

Dari data dan diagram diatas konsentrasi $PM_{2,5}$ di masing-masing lokasi terdapat adanya perbedaan. Apabila dibandingkan dengan Baku Mutu yang ditetapkan pemerintah dalam PP no 41 tahun 1999 untuk waktu pengukuran 24 jam yaitu 65 µg/ Nm3, maka untuk konsentrasi di semua lokasi penelitian tidak melebihi dari ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah. Akan tetapi jika dibandingkan dengan baku mutu untuk waktu pengukuran 1 jam maka untuk konsentrasi di semua lokasi penelitian telah melebihi dari ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah. Konsentrasi tertinggi terdapat pada lokasi simpang empat Cik diktiro . Sedangkan untuk konsentrasi terendah terdapat di lokasi yaitu Jalan Magelang/ Muntilan.

Tingginya konsentrasi $PM_{2,5}$ disebabkan dari dampak dari hujan abu vulkanik yang terjadi setelah erupsi merapi, dan perbedaan konsentrasi disetiap lokasi ini disebabkan karena beberapa faktor diantaranya faktor meteorologis dan kepadatan lalu lintas, seperti pada hasil pemantauan di tiga titik lokasi wilayah Kab.Magelang yaitu Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan), Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur, dan Jl. Raya Borobudur tepatnya di Timur Candi Mendut. Hasil pemantauan pada lokasi-lokasi tersebut cenderung rendah jika dibanding dengan lokasi lainnya, hal ini dikarenakan factor meteorologi lokasi ini yang sedang mengalami kondisi cuaca mendung dengan suhu paling rendah mendekati suhu ruangan 25^{o} C dan kelembapan tinggi yaitu diatas 60 % . Inilah yang mengakibatkan partikel tersuspensi akan lebih mudah untuk jatuh ke tanah. Sehingga inilah yang membuat parameter-parameter hasil pemantauan udara pada tiga titik lokasi wilayah Kab. Magelang ini paling rendah.

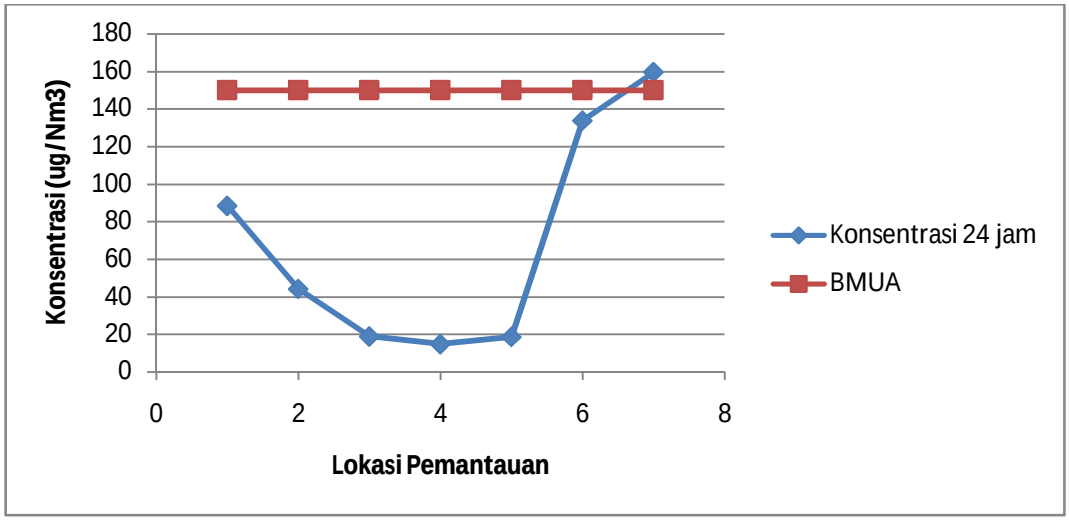
4.2.11. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Partikulat Matter 10 (PM_{10})

PM_{10} adalah material yang terdispersi di udara, baik berbentuk padat maupun cair yang berukuran lebih kecil dari 10 µm. Hasil dari pengukuran Particulate Matter 10 (PM10) di 7 titik lokasi ini berbeda-beda, hal ini disebabkan karena banyak faktor yang mempengaruhinya. Hasil dari pengukuran Particulate Matter 10 (PM_{10}) dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.11Hasil Pengukuran PM_{10}

Titik Lokasi Pemantauan	Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran PM_{10}(µg/Nm^3)	PM_{10} dengan waktu pengukuran 24 jam (µg/Nm^3)	
			PM_{10}	BMUA
Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara	Tanggal 1 November 2010 Pukul 16:00-20:00 WIB	121.987	88.358	150
Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara	Tanggal 2 November 2010 Pukul 14:40-16:40 WIB	69.139	44.205	150
Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 10:20-10:35 WIB	42.844	18.840	150
Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur	Tanggal 4 November 2010 Pukul 11:40-11:55 WIB	33.722	14.829	150
Jl. Raya Borobudur (timur Candi Mendut)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 13:00-13:15 WIB	42.472	18.676	150
Bundaran Universitas Gajah Mada	Tanggal 5 November 2010 Pukul 11:30-11:45 WIB	304.254	133.791	150
Perempatan Cikdiktiro	Tanggal 5 November 2010 Pukul 11:55-12:55 WIB	282.608	159.495	150

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi PM_{10} dengan Waktu Pengukuran 24 jam

Dari data dan diagram diatas konsentrasi PM_{10} di masing-masing lokasi terdapat adanya perbedaan. Apabila dibandingkan dengan Baku Mutu yang ditetapkan pemerintah dalam PP no 41 tahun 1999 untuk waktu pengukuran 24 jam yaitu 150 μg/ Nm3, maka ada satu lokasi pemantauan yang melebihi ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah yaitu lokasi di Perempatan Cikdiktiro. Akan tetapi untuk konsentrasi dilokasi pemantauan yang lain tidak melebihi dari ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah. Konsentrasi terendah terdapat di lokasi yaitu Pertigaan Jalan Magelang - Jalan Raya Borobudur (Palbapang). Tingginya konsentrasi PM_{10} disebabkan dari dampak dari hujan abu vulkanik yang terjadi setelah erupsi merapi, dan juga disebabkan karena beberapa faktor diantaranya faktor meteorologis dan kepadatan lalu lintas, seperti pada titik lokasi paling tinggi yaitu Perempatan Cikdiktiro. Pada lokasi tersebut keadaan cuaca sedang cerah dengan suhu paling tinggi diantara lokasi lain yaitu 35^{o} C dan kelembapan paling rendah diantara lokasi lain yaitu 45%.

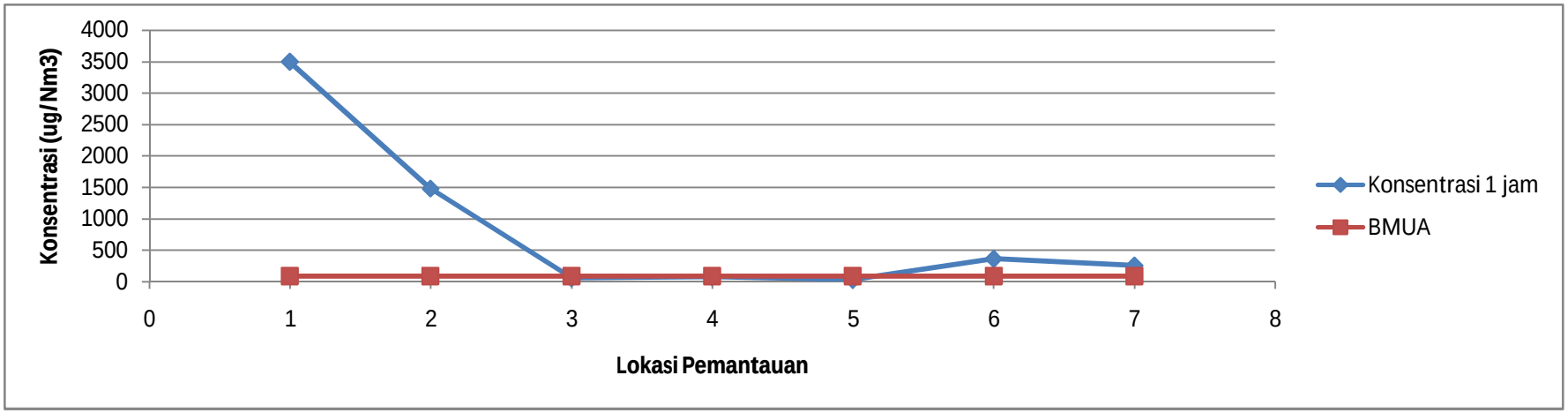
4.2.12. Hasil Pengukuran Tingkat Pencemar Total Suspended Particulat (TSP)

Total Suspended Particulate (TSP) merupakan campuran dari partikel mulai dari $PM_{2,5}$, PM_{10}, debu dan partikel-partikel lainnya. Ukuran Partikel tersuspensi beraneka ragam mulai dari 0,1 mikron hingga 100 mikron, akan tetapi berdasarkan klasifikasi dari EPA (Environmental Protection Agency) bahwa TSP memiliki diameter antara 0.1 mikrometer hingga 45 mikrometer. Hasil dari pengukuran Total Suspended Particulate (TSP) dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.12. Hasil Pengukuran TSP

Titik Lokasi Pemantauan	Waktu Pengukuran	Hasil Pengukuran TSP (µg/Nm^3)	TSP dengan waktu pengukuran 1 jam (µg/Nm^3)		TSP dengan waktu pengukuran 24 jam (µg/Nm^3)	
			TSP	BMUA	TSP	BMUA
Perempatan Jl.Monjali-RingRoad Utara	Tanggal 1 November 2010 Pukul 12:00-20:00 WIB	2405.752	3497.897	90	1974.099	230
Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara	Tanggal 2 November 2010 Pukul 12:40-16:40 WIB	1153.865	1480.900	90	835.772	230
Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 09:45-10:00 WIB	74.986	58.427	90	32.974	230
Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur	Tanggal 4 November 2010 Pukul 11:00-11:15 WIB	97.823	76.220	90	43.016	230
Jl. Raya Borobudur (timur Candi Mendut)	Tanggal 4 November 2010 Pukul 12:20-12:35 WIB	45.201	35.219	90	19.876	230
Bundaran Universitas Gajah Mada	Tanggal 5 November 2010 Pukul 10:55-11:10 WIB	468.720	365.210	90	206.113	230
Perempatan Cikdiktiro	Tanggal 5 November 2010 Pukul 13:15-13:30 WIB	333.298	259.694	90	146.563	230

(Sumber : Data Primer 2010)



Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengukuran Konsentrasi TSP dengan Waktu Pengukuran 1 jam

Dari data dan diagram diatas konsentrasi TSP di masing-masing lokasi terdapat adanya perbedaan. Apabila dibandingkan dengan Baku Mutu yang ditetapkan pemerintah dalam PP no 41 tahun 1999 untuk waktu pengukuran 1 jam yaitu 90 μg/ Nm3, maka ada empat lokasi pemantauan yang melebihi ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah yaitu lokasi di Perempatan Monjali-Ringroad, Perempatan Magelang-Ringroad, Bunderan UGM, dan Perempatan Cikdiktiro. Akan tetapi untuk konsentrasi dilokasi pemantauan yang lain tidak melebihi dari ambang batas atau baku mutu yang dikeluarkan oleh pemerintah. Konsentrasi tertinggi terdapat di lokasi Perempatan Monjali-Ringroad dan konsentrasi terendah terdapat di lokasi Jalan Raya Borobudur/ Timur Candi Mendut. Tingginya perbedaan konsentrasi antara Perempatan Monjali-Ringroad dan Perempatan Magelang-Ringroad dengan lokasi pemantauan lainnya disebabkan dari perbedaan alat pemantauan TSP yang digunakan. Pada dua lokasi dengan konsentrasi tertinggi alat pemantauan TSP menggunakan HVAS sedangkan lokasi lainnya menggunakan E-Samper.

4.3. Analisa Hasil Pemantauan dengan Kronologis Erupsi

4.3.1. Waktu Pemantauan Tanggal 1 November 2010

Pada lokasi monjali pemantauan dilakukan pada tanggal 1 November mulai pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 20.00 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP dilakukan selama 8 jam, $PM_{2,5}$ selama 4 jam dan PM_{10} selama 4 jam. Jika hasil pemantauan konsentrasi parameter $PM_{2,5}$, parameter PM_{10} , dan parameter TSP dibandingkan dengan Baku Mutu Udara Ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999 waktu pengukuran 24 jam maka hasil pemantauan untuk konsentrasi kandungan parameter TSP telah melampaui batas baku mutu. Sedangkan untuk hasil pemantauan parameter $PM_{2,5}$ dan PM_{10} dengan waktu pengukuran selama 24 jam tidak melampaui baku mutu. Akan tetapi hasil untuk konsentrasi parameter $PM_{2,5}$ dengan menggunakan waktu pengukuran selama 1 jam dididapatkan telah melampaui baku mutu, seperti terlihat pada grafik 4.11 diatas.

Tingginya kandungan parameter TSP dan $PM_{2,5}$ bukan bersumber dari erupsi tanggal 1 November yang mempengaruhi udara ambien di wilayah monjali. Hal ini dikarenakan berdasarkan laporan BPPTK Yogyakarta letusan tersebut mengarah ke timur dan utara puncak Merapi. Dilaporkan arah angin tidak mengarah ke selatan yaitu letak wilayah monjali. Akan tetapi yang menjadi sumber dari tingginya kandungan parameter tersebut di wilayah monjali adalah letusan tanggal 29 Oktober yaitu pada malam hari mulai pukul 19:23 WIB sampai pada tanggal 30 Oktober dini hari pukul 00:50 WIB. Dilaporkan letusan menyebabkan hujan pasir mencapai radius 10 km (Desa Hargobinangun), sedangkan hujan abu hingga mencapai di Desa Krasak Kabupaten Bantul. Wilayah-wilayah yang dilaporkan tersebut merupakan wilayah selatan dari puncak gunung Merapi, dan inilah yang juga dialami oleh sebagian wilayah Kabupaten sleman dan kota Yogyakarta yang juga merupakan wilayah selatan puncak gunung Merapi.

Kabupaten Sleman tepatnya di wilayah Monjali merupakan salah satu lokasi pemantauan udara ambien dilakukan pada tanggal 1 November 2010 mulai pukul 12:00 WIB sampai pukul 20:00 WIB. Paparan hujan abu di wilayah ini tinggi selain karena jarak yang dekat dari puncak merapi yaitu sekitar 25 km sebelah selatan merapi, wilayah ini juga pada saat pemantauan yaitu pada tanggal 1 November masih belum terjadi hujan air. Ini berbeda dengan wilayah selatan puncak merapi lainnya yang telah mengalami hujan air. Faktor meteorologi inilah yang juga menjadi bahan pertimbangan dari pemilihan lokasi paparan hujan abu akibat letusan merapi tanggal 29 Oktober.

4.3.2 Waktu Pemantauan Tanggal 2 November 2010

Pada lokasi di Perempatan Jl.Magelang-RingRoad Utara pemantauan dilakukan pada tanggal 2 november mulai pukul 12.40 WIB sampai dengan pukul 16.40 WIB. Untuk pengukuran parameter TSP dilakukan selama 4 jam menggunakan alat HVAS, sedangkan $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing selama 2 jam dengan menggunakan alat E-Sampler.

Berdasarkan hasil pemantauan diketahui tingkat pencemar TSP masih tinggi hingga melampaui baku mutu PP No.41 Tahun 1999. Serta hasil untuk parameter $PM_{2,5}$ jika menggunakan waktu pengukuran selama 1 jam maka nilai konsentrasi $PM_{2,5}$ melampaui baku mutu, seperti terlihat pada gambar 4.11 diatas.

Jika menganalisa dari letak titik lokasi pemantauan yang berada di salah satu jalan yang padat lalu lintas maka ini bisa saja menjadi salah satu sumber dari besarnya tingkat pencemar TSP tersebut. Akan tetapi jika dilihat dari waktu pemantauan yaitu dilaksanakan tanggal 2 November yang tidak begitu jauh selang waktunya dari letusan merapi 30 Oktober maka inilah yang menjadi salah satu sumber tingginya pencemar TSP. Secara kronologi letusan merapi tanggal 2 November dilaporkan untuk wilayah lokasi pemantauan Jombor ini tidak mengalami hujan abu vulkanik, akan tetapi pada tanggal 30 Oktober lokasi ini terkena hujan abu vulkanik yang sangat pekat. Tanggal 2 november hujan abu vulkanik hanya di alami wilayah kabupaten boyolali.

Sejak mengalami hujan abu vulkanik merapi tanggal 30 Oktober lokasi pemantauan ini juga telah terguyur oleh hujan air, bahkan pada saat pemantauan kondisi cuaca lokasi ini sedang hujan ringan hingga sedang. Seperti diketahui dari hasil pemantauan dilokasi ini pencemar TSP lebih kecil dibanding pencemar TSP dilokasi sebelumnya yaitu di Monjali. Hal ini dikarenakan lokasi monjali belum mengalami hujan air sedangkan lokasi jombor ini telah mengalami hujan. Selain itu untuk pencemar parameter $PM_{2,5}$ dan PM_{10} juga tidak melampaui batas baku mutu udara ambien DIY. Keadaan meteorologi inilah yang menjadi faktor yang mempengaruhi konsentrasi pencemar parameter tersebut.

4.3.3 Waktu Pemantauan Tanggal 4 November 2010

Pemantauan tanggal 4 november 2010 dilakukan pada 3 titik lokasi Kab.Magelang yaitu Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan), Pertigaan Jl.Magelang-Jl.Raya Borobudur, dan Jl. Raya Borobudur tepatnya di Timur Candi Mendut. Pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler.

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini dengan waktu pengukuran 24 jam diketahui hasil pemantauan konsentrasi parameter tersebut tidak melampaui baku mutu udara ambien Peraturan Pemerintah No 41 tahun 1999. Akan tetapi jika hasil pemantauan dengan waktu pengukuran 1 jam maka yang melampaui baku mutu adalah parameter $PM_{2,5}$.

Tingginya konsentrasi pada waktu pemantauan tanggal 4 November secara kronologis erupsi merapi juga sedang terjadi dengan ketinggian asap letusan mencapai 8 km. Erupsi merapi ini dilaporkan berdampak hujan abu vulkanik di Kab.Magelang. Arah angin pada saat erupsi merapi mengarah ke arah barat dan barat laut. Seperti diketahui wilayah lokasi pemantauan berada di wilayah administrasi Kab.Magelang dan titik pemantauan paling dekat berada di Jl. Magelang (Jembatan Keji Kec.Muntilan) berjarak 18,75 km dari sebalah barat puncak Merapi. Titik terjauh berada di Jl. Raya Borobudur tepatnya di Timur Candi Mendut , berjarak Jl. Raya Borobudur tepatnya di Timur Candi Mendut. Ketiga titik lokasi pemantauan wilayah Kab. Magelang ini sangat dekat dengan radius bahaya merapi tanggal 3 November yaitu 15 km. Sehingga pada saat pemantauan lokasi ini sedang mengalami hujan pasir dan diketahui pasir tidak termasuk dalam ukuran partikel tersuspensi atau debu.

4.3.4 Waktu Pemantauan Tanggal 5 November 2010

Pada tanggal 5 november 2010 lokasi pemantauan berada di dua titik lokasi wilayah Kota Yogyakarta yaitu di Bundaran Universitas Gajah Mada dan Perempatan Cik Diktiro. Untuk pengukuran parameter TSP, $PM_{2,5}$ dan PM_{10} masing-masing dilakukan selama 15 menit atau 1/4 jam dengan menggunakan alat E-Sampler.

Berdasarkan hasil pemantauan udara pada lokasi ini didapatkan untuk parameter TSP, PM2,5 , dan PM10 paling tinggi diantara lokasi pemantauan wilayah lainnya. Hal ini dikarenakan secara kronologis erupsi merapi yang dilaporkan dari BPPTK pada tanggal 4 November pukul 23:45 telah terjadi letusan yang menghasilkan suara gemuruh terdengar hingga mencapai 30 km dari puncak merapi. Letusan pada waktu tersebut berdampak hujan kerikil, pasir, dan abu pada wilayah selatan gunung Merapi. Semakin dekat suatu wilayah dengan

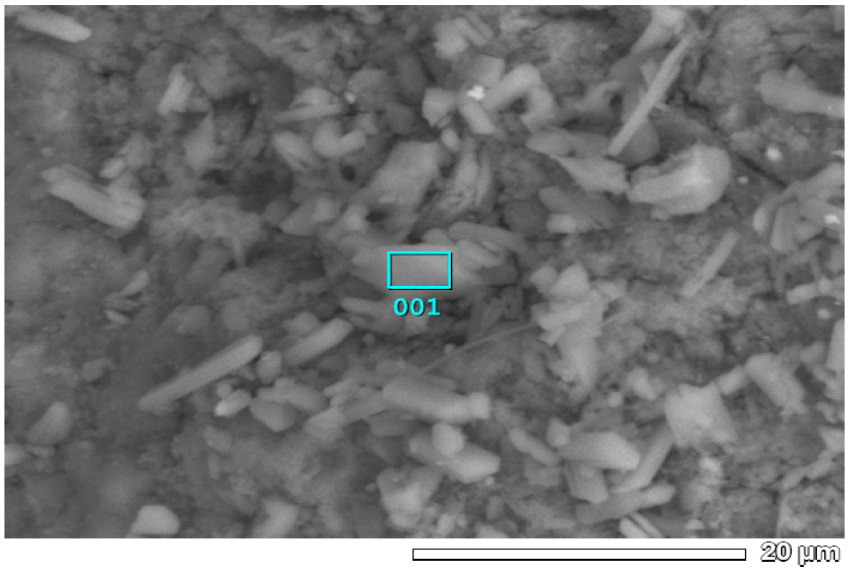
selatan puncak merapi tentunya akan mengalami hujan kerikil, dan wilayah yang semakin jauh dari selatan puncak merapi akan mengalami hujan abu vulkanik.. Kemudian dilaporkan juga pada tanggal 5 November dampak dari letusan tanggal 4 november pukul 23:45 wilayah yang aman bagi para pengungsi diubah dari di luar radius 15 km, menjadi di luar radius 20 km dari puncak G. Merapi. Besarnya letusan inilah membuat seluruh wilayah selatan gunung Merapi mengalami hujan abu vulkanik, termasuk wilayah pemantauan udara di kota Yogyakarta.

4.4. Karakteristik Fisika dan Kimia Abu Vulkanik

Abu vulkanik atau pasir vulkanik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu maupun pasir vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar kawah sampai radius 5–7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan kilometer bahkan ribuan kilometer dari kawah disebabkan oleh adanya hembusan angin (Sudaryo,2009). Erupsi Merapi pada tahun 2010 telah melemparkan material abu vulkanik hingga mencapai wilayah jawa barat, dan wilayah yang paling besar terkena dampak hujan abu vulkanik ini adalah wilayah terdekat di sekitar lereng gunung Merapi seperti di Kabupaten Magelang, Kabupaten Sleman, dan Kota Yogyakarta.

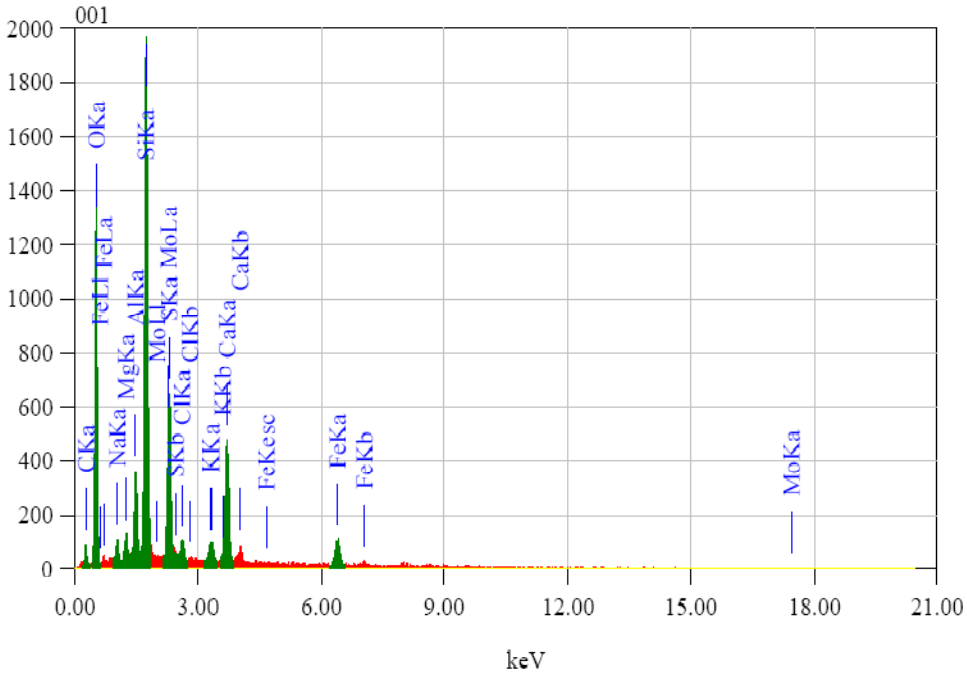
Identifikasi karakteristik unsur kimia dilakukan dengan uji Scan Electron Microscope dan Energy Diverse Analysis X-Ray atau yang biasa disebut uji SEM-EDAX. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan 1 sample dari wilayah pemantauan Perempatan Monjali-Ringroad Utara Kabupaten Sleman. Berikut ini adalah hasil pengujian SEM-EDAX abu vulkanik :

1. Hasil pengujian yang pertama



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.21 Wilayah Pertama Partikel Abu Vulkanik



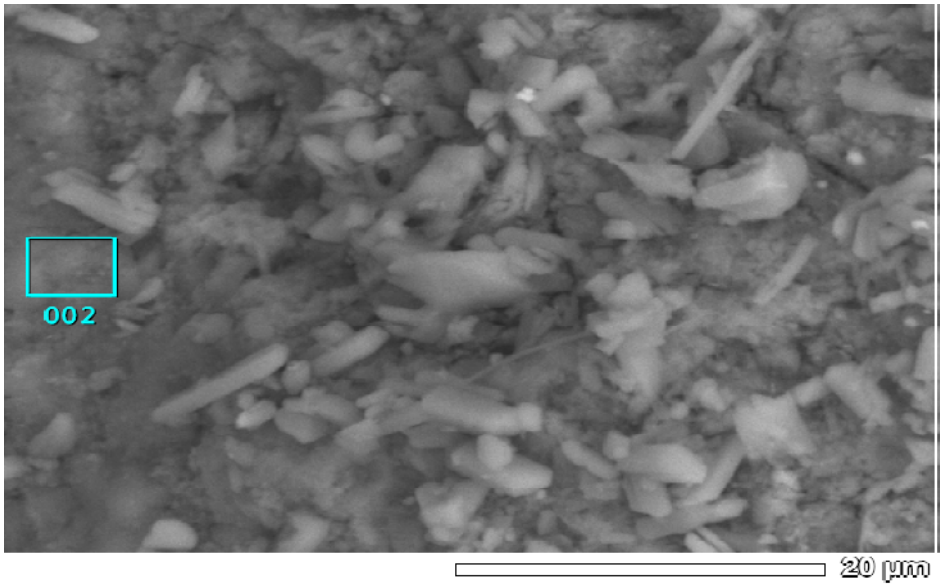
(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.22 Unsur Kimia Hasil EDAX

Tabel 4.13 Komponen Kimia hasil EDAX pengujian pertama

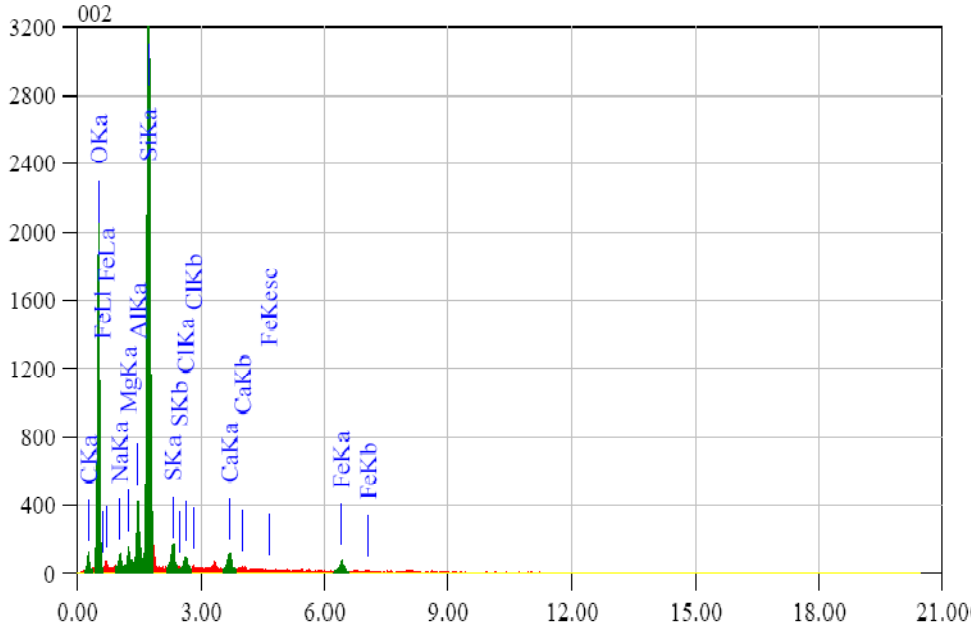
Element	Energy (KeV)	Persen Massa (%)	Persen Atom (%)
O	0,525	49,80	62,00
Si	1,739	17,38	12,32
C	0,277	7,21	11,96
Fe	6,398	3,99	1,42
Al	1,486	3,03	2,24
S	2,307	5,74	3,56
Ca	3,690	6,51	3,24
Mg	1,253	1,02	0,84
Na	1,041	1,18	1,02
Cl	2,621	0,81	0,45
K	3,312	0,85	0,43

2. Hasil pengujian yang kedua



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.23 Wilayah Kedua Partikel Abu Vulkanik



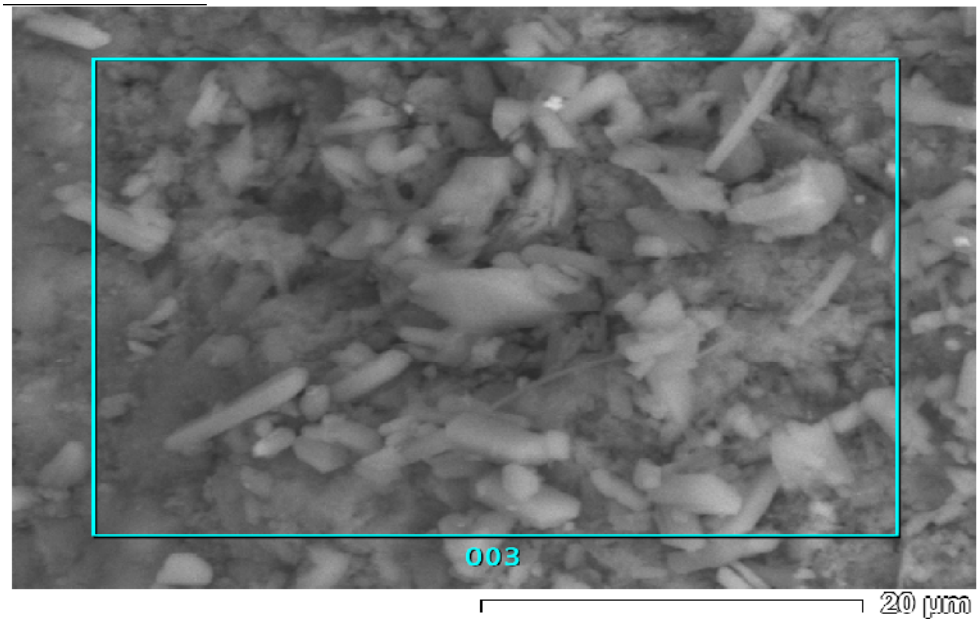
(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.24 Unsur Kimia Hasil EDAX wilayah kedua

Tabel 4.14 Komponen Kimia hasil EDAX pengujian kedua

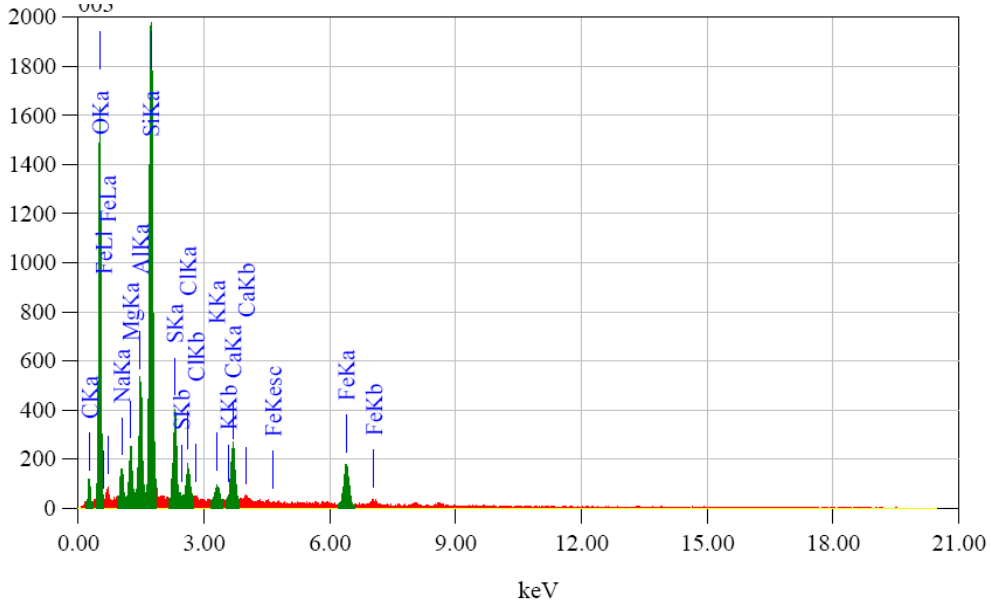
Element	Energy (KeV)	Persen Massa (%)	Persen Atom (%)
O	0,525	51,46	60,09
Si	1,739	30,29	20,15
C	0,277	9,40	14,62
Fe	6,398	1,88	0,63
Al	1,486	2,39	1,66
S	2,307	1,19	0,69
Ca	3,690	1,10	0,51
Mg	1,253	0,79	0,61
Na	1,041	0,88	0,71
Cl	2,621	0,63	0,33
K	-	-	-

3. Hasil pengujian yang ketiga



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.25 Wilayah Ketiga Partikel Abu Vulkanik



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.26 Komponen Kimia Hasil EDAX pengujian ketiga

Tabel 4.15 Komponen Kimia hasil EDAX Pengujian Ketiga

Element	Energy (KeV)	Persen Massa (%)	Persen Atom (%)
O	0,525	49,04	59,63
Si	1,739	17,93	12,42
C	0,277	8,66	14,02
Fe	6,398	6,60	2,30
Al	1,486	4,54	3,27
S	2,307	3,74	2,27
Ca	3,690	3,06	1,48
Mg	1,253	2,26	1,81
Na	1,041	1,83	1,55
Cl	2,621	1,53	0,84
K	3,312	0,81	0,40

Berdasarkan data hasil tiga kali pengujian SEM-EDAX pada gambar dan table diatas diketahui bahwa komponen kimia dari abu vukanik yang terbesar adalah Oksigen (O) dan Silika (Si). Pengujian tersebut dilakukan tiga kali dengan

wilayah penembakan energy pada partikel abu vulkanik yang berbeda-beda dan dari ketiga cangkupan wilayah yang ditembakkan didapatkan Komponen Oksigen yang paling besar. Hal ini dikarenakan adanya gas oksigen pada wilayah penembakan energy di partikel abu vulkanik.

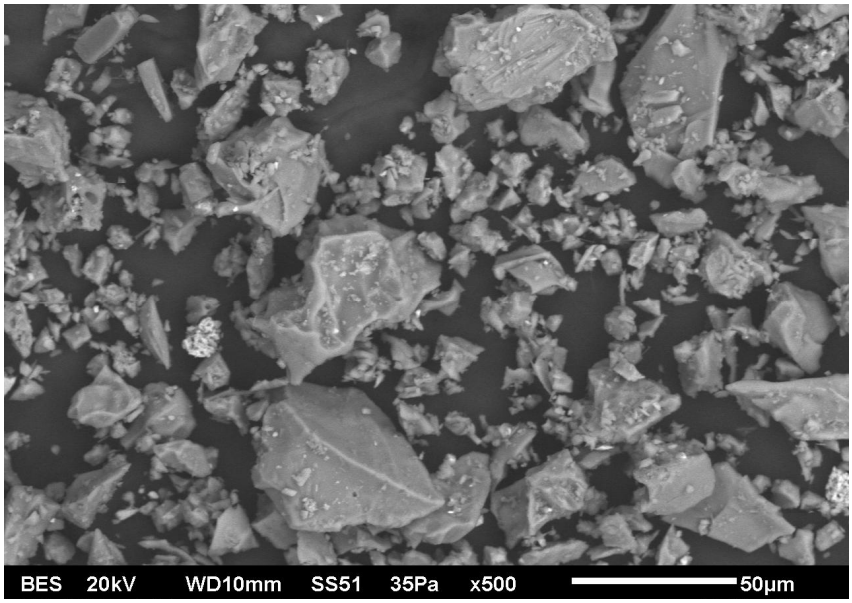
Dari data tersebut hasil komponen terbesar sesungguhnya yang merupakan bahan penyusun dari partikel abu vulkanik adalah unsur logam Silika atau Silicon (Si). Silika pada pengujian pertama hingga ketiga secara berurutan memiliki massa sebanyak 17,38 % , 30,29% , dan 17,93%. Unsur penyusun yang lainnya secara berurutan mulai dari yang terbesar hingga terkecel persentase massanya adalah Karbon (C), Besi (Fe), Alumunium (Al), Sulfur (S) , Kalsium (Ca) , Magnesium (Mg), Natrium (Na) , Klor (Cl) , dan Kalium (K)

Menurut (WHO, 2000) dalam Concise International Chemical Assessment Document (CICAD), Silika (Si) ada dalam bentuk kristal maupun non Kristal. Kristal Silika di alam dapat ditemukan didalam pasir kuarsa. Akan tetapi silica juga dapat dibuat untuk proses industry seperti manufaktur keramik, proses pengecoran atau bahan dasar semen dan proses lainnya. Penyebaran silica dapat terjadi di udara ambient akibat emisi yang berasal dari berbagai aktifitas seperti konstruksi pembangunan gedung, penggalian atau pertambangan, debu dari jalan yang beraspal maupun tidak beraspal, pembangkit listrik, pertanian, kebakaran hutan dan erupsi gunung api. (EPA , 1996). Oleh karena itu dari hasil pengujian jelas terlihat bahwa erupsi merapi yang menghasilkan abu vulkanik banyak mengandung unsur Silika ini.

Pasir kuarsa Silika memasuki tubuh sebagai sebuah partikel. Pada manusia yang menghirup atau terhirup partikel-partikel dari dalam debu mineral mampu menembus ke dalam ruang alveolar paru-paru. Hal ini umumnya partikel terhirup memiliki diameter <3-4 µm, sementara partikel yang >5 µm mungkin disimpan dalam saluran udara tracheobronchial dan dengan demikian tidak mencapai wilayah alveolar (IARC, 1997).

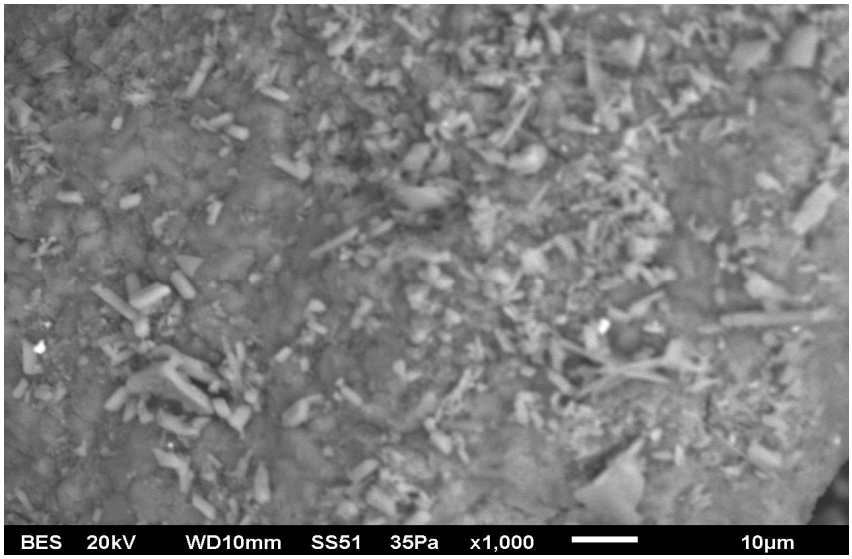
Partikel disimpan dalam bronchioles pernapasan dan proksimal alveoli akan dihilangkan lebih lambat dan lebih cenderung melukai paru-paru karena

bentuk partikel tersebut yang tajam. Hal ini dapat dilihat dari gambar partikel abu vulkanik hasil uji SEM berikut ini :



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.27 Hasil Uji SEM dengan perbesaran 500 kali



(Sumber : Data Primer)

Gambar 4.28 Hasil Uji SEM dengan perbesaran 1000 kali

Berdasarkan hasil uji SEM secara topografi atau tekstur dan ukuran rata-rata partikel dapat dilihat bahwa sample partikel abu vulkanik berbentuk tidak beraturan dengan banyak bagian tajamya. Pada gambar dengan perbesaran 500 x dapat dilihat partikel memiliki ukuran rata-rata 25 µm yang termasuk kedalam golongan partikel tersuspensi, dan untuk gambar dengan perbesaran 1000 x dapat dilihat partikel dengan ukuran 10 µm yang termasuk kedalam golongan PM_{10}. Partikel-partikel inilah yang dapat melukai saluran pernapasan manusia apabila dihirup atau terhirup.

4.5 Partikel pada Saluran Pernapasan

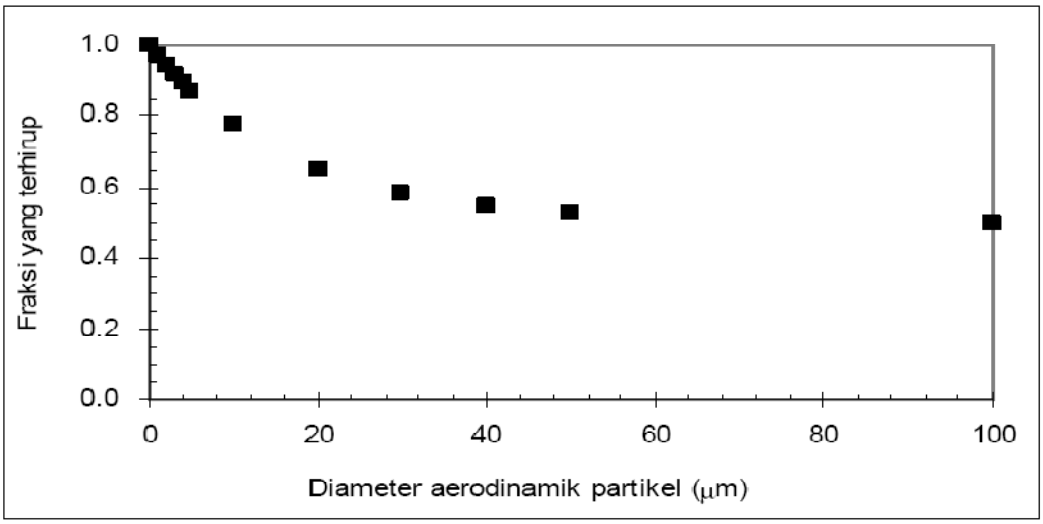
Menurut *International Commission on Radiological Protection* (ICRP) tahun 1994 mengembangkan model sistem pernapasan manusia atau yang dikenal dengan sebutan *Human Respiratory Tract Model* (HRTM) yang dibagi menjadi 2 bagian yaitu daerah *Extrathoracic* dan daerah *Thoracic* (Eko, 2009). Sesuai dengan rekomendasi ICRP untuk mengetahui fraksi partikel udara yang terhirup berdasarkan ukuran partikel dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$E = 0{,}5(1 + e^{-0{,}06D})$$

Keterangan : E = Fraksi partikel udara yang terhirup

D = Diameter Ukuran Partikel (µm)

Besarnya fraksi partikel udara yang terhirup berdasarkan persamaan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.29 dibawah ini :



Sumber : Eko, 2009

Gambar 4.29 Fraksi Aerosol yang terhirup berdasarkan Diameter Partikel

Jika melihat gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa fraksi partikel yang terhirup dan diameter partikel berbanding terbalik, semakin kecil fraksi yang terhirup maka diameter partikel semakin besar. Sebagai contoh partikel abu vulkanik hasil penelitian uji SEM dengan ukuran diameter lebih dari 50 µm maka partikel udara yang terhirup relatif stabil yaitu sebanyak 50 %. Fraksi terhirup 50% berarti apabila konsentrasi tertinggi parameter TSP hasil pemantauan di udara ambien sebesar 3497,897 µg/Nm^3 maka konsentrasi TSP yang akan terhirup masuk ke dalam sistem pernafasan sebesar 1748,9485 µg/Nm^3 . Fraksi dengan ukuran diameter partikel 5 µm atau partikel parameter PM_{10} yang terhirup yaitu sebanyak 85 % , jika konsentrasi tertinggi parameter PM_{10} hasil pemantauan di udara ambien sebesar 159.495 µg/Nm^3 maka konsentrasi yang akan terhirup masuk ke dalam sistem pernafasan manusia adalah sebesar 135.570 µg/Nm^3 . Sedangkan untuk parameter $PM_{2,5}$ dengan ukuran diameter 1 µm fraksi yang terhirup yaitu sebanyak 95% , jika konsentrasi tertinggi $PM_{2,5}$ hasil pemantauan di udara ambien sebesar 98.973 µg/Nm^3 maka konsentrasi yang akan terhirup masuk ke dalam sistem pernafasan manusia adalah sebesar 94,02 µg/Nm^3.

Tingginya konsentrasi pada saluran pernapasan ini berdampak timbulnya berbagai macam penyakit gangguan saluran pernafasan. Berdasarkan data dari Dinas Kesehatan Provinsi DIY pada tanggal 19 November 2010 jumlah pengungsi korban erupsi Merapi yang mengalami gangguan kesehatan khususnya gangguan ISPA ada sebanyak 4532 kasus. Berikut ini adalah data 10 besar penyakit yang meningkat saat erupsi merapi :

(sumber:Dinas Kesehatan)

Gambar 4.30 Data 10 besar penyakit pengungsi merapi d Kab. Sleman

Berikut ini juga adalah data dari dinas kesehatan tanggal 19 November 2010 tentang jumlah pengungsi erupsi merapi 2010 :

Tabel 4.16 Data jumlah pengungsi Kabupaten Sleman

No.	Lokasi Kabupaten Sleman	Jumlah Pengungsi
	Kec. Depok	
1	Stadion Maguwoharjo	5583
2	Auditorium UPN	1706
3	SMKN 1 Depok	150
4	GOR UNY	1020
	Kec. Berbah	
5	Kalitirto	719
	Kec. Mlati	
6	SD Tlogoadi	400
7	SD Gabahan	660
8	Masjid Khairul Ummah, Tlogodadi, Mlati Sleman	241
9	Youth Center	1700
10	Gelanggang Mahasiswa UGM	1062
11	Balai Desa Tlogoadi	1395
12	SD Pogungrejo	1068
13	Balai Desa Sendangadi	1680
	Kec. Ngaglik	
14	Gereja Banteng	828
	Kec. Tempel	
15	Balai Desa Sumberrejo	0
16	Balai Desa Banyurejo	1359
	Kec. Gamping	
17	SD IP Melangi	331
	Kec. Prambanan	
18	Bokoharjo	5296
	Kec. Sleman	
19	Gedung Koni	1725
20	Masjid Agung Sleman	500
21	Balai Desa Pendowoharjo	5225
22	Balai Desa Caturharjo	5602
23	SMPN 1 Kalasan	420
24	Balai Desa Tirtomartani	1119
25	Gereja Marganingsih Kalasan	278
26	Balai desa Tamanmartani	1924
28	**Kecamatan Kalasan**	7764
	Total Pengungsi	**49755**

Berdasarkan kedua data tersebut dapat disimpulkan bahwa laju insiden atau *insiden rate* kasus penyakit ISPA dari jumlah total pengungsi erupsi merapi adalah sebagai berikut :

$$\text{Insiden rate ISPA} = \frac{kasus\ ISPA}{Jumlah\ Total\ Pengungsi} \times 100\%$$
$$= \frac{4532}{49755} \times 100\% = 9{,}11\%$$

Dari hasil tersebut dapat diartikan akan terjadi 1 dari 11 orang pengungsi mengalami penyakit ISPA selama periode waktu erupsi merapi tahun 2010 dari tanggal 26 oktober 2010 sampai 19 november 2010. Inilah yang menjadi fakta dari bahaya partikulat abu vulkanik merapi pada sistem saluran pernapasan manusia.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di tujuh titik lokasi sebagian provinsi Jawa Tengah dan sebagian di provinsi D.I. Yogyakarta yang terdekat dengan wilayah lereng Gunung Merapi, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada semua titik lokasi pemantauan telah melebihi Baku Mutu Udara Ambient PP No.41 Tahun 1999 dan konsentrasi $PM_{2,5}$ tertinggi sebesar 98.973 µg/Nm3 terjadi dilokasi Perempatan Cikdiktiro Kota Yogyakarta. Untuk konsentrasi PM_{10} tertinggi sebesar 159.495 µg/Nm^3 terjadi di lokasi Perempatan Cikdiktiro Kota Yogyakarta, dan telah melebihi BMUA PP No.41 Tahun 1999, akan tetapi konsentrasi PM_{10} untuk lokasi lain tidak ada yang melebihi BMUA. Sedangkan untuk konsentrasi TSP tidak semua lokasi yang melebihi BMUA , ada empat lokasi yang melebihi BMUA yaitu di Perempatan Monjali-Ringroad, Perempatan Magelang-Ringroad, Bunderan UGM, dan Perempatan Cikdiktiro. Lokasi dengan konsentrasi TSP tertinggi sebesar 3497,897 µg/Nm^3 berada di Perempatan Monjali-Ringroad.
2. Karakteristik fisik dan kimia abu vulkanik didapatkan dari pengujian SEM-EDAX pada sample abu vulkanik di lokasi Perempatan Monjali-Ringroad bahwa secara fisik partikel dengan ukuran rata-rata 25 µm bertekstur tidak beraturan dengan banyak bagian tajamnya, dan secara kimia kandungan kimia yang ada disample abu vulkanik terdapat unsur terbesar persen massanya yaitu Silika atau Si

5.2 Saran

1. Perlu adanya kewaspadaan terhadap parameter TSP, $PM_{2,5}$, dan PM_{10} dengan mengadakan pemantauan yang rutin pada saat terjadi letusan Gunung Merapi.

2. Harus diadakannya pencegahan terhadap gangguan pernapasan dengan memberikan informasi mengenai penggunaan masker sehingga para pengungsi atau masyarakat yang terkena paparan hujan abu vulkanik dapat menggunakan masker dengan benar.

3. Perlu adanya upaya pengurangan terhadap kandungan konsentrasi TSP, $PM_{2,5}$, dan PM_{10} dengan cara penyemprotan air dijalan pada wilayah atau kawasan yang telah terkena hujan abu vulkanik.

DAFTAR PUSTAKA

AgusGindo S., Budi Hari H., *Pengukuran Partikel Udara Ambien (Tsp, Pm10, Pm2,5) Di Sekitar Calon Lokasi Pltn Semenanjung Lemahabang*, BATAN:2007

Alfiah Taty, *Pencemar Udara*, Bandung: 2009

Badan Pengendalaian Dampak Lingkungan, *Pengembangan Sistem Pemantauan Udara Passive Sampler*, Jawa Barat: 2007

Eko, Puadjadi, dkk *Analisis Deposisi Radionuklida Pemancar Alfa Pada Saluran Pernafasan Melalui Proses Inhalasi Dalam Kondisi Sistem Tata Udara yang Berbeda di Instalasi Radio Metalurgi*, BATAN : 2009

Environmental Protection Agency, *Air Quality Criteria for Particulate Matter, US :2004*

Environmental Protection Agency, *Sampling Of Ambient Air For Total Suspended Particulate Matter (Spm) And Pm10 Using High Volume (Hv) Sampler*, US: 1999

Environmental Protection Agency, *Ambient levels and noncancer health effects of inhaled crystalline and amorphous silica: health issue assessment.* Washington, US:1996

Fardiaz, Srikandi, *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta: 2003

Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 tentang "*Pedoman Teknik Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara*" Tahun 1997

Mukono. J, *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan.* Airlangga University Press. Surabaya:2008

Oktora Bunga, *Hubungan Antara Kualitas Udara dengan Kesehatan Manusia*, FKM Universitas Indonesia, Jakarta : 2008

Reed, S.J.B, *Electron Microprobe Analysis And Scanning Electron Microscopy In Geology*, Cambridge University Press. New York : 2005

Sudaryo, Sutjipto, *Identifikasi dan Penentuan Logam Pada Tanah Vulkanik Di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan Metode Analisa Aktivasi Neutron Cepat* BATAN. Yogyakarta : 2009

Standar Nasional Indonesia, *Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambient,* Jakarta : 2005

Standar Nasional Indonesia, *Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan high volume air sampler (HVAS) dengan metoda gravimetric,* Jakarta:2005

Wardhana, *Dampak Pencemaran Lingkungan,* Yogyakarta:2001

Met One Instruments, Inc. , *E-Sampler Operation Manual*, Washington : 2002

World Health Organization , *Concise International Chemical Assessment Document 24,* USA : 2000

International Agency For Rersearch On Cancer , *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol 68 "Silica"* , USA:1997

Anonim,2010 kronologis erupsi merapi dilihat dari http://jogjabox.blogspot.com/2010/11/kronologi-erupsi-merapi-jogja-26102010.html diakses pada tanggal 3 Desember 2010 Pukul 15.45

http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html diakses pada tanggal 3 maret 2011 Pukul 14:56 WIB

LAMPIRAN

Analisis Perhitungan Konsentrasi

$$\text{Konsentrasi} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara}} = \frac{\text{Massa Isi} - \text{Massa kosong}}{\text{Durasi Pemantauan} \times \text{Laju Pengaliran}}$$

$$\text{Konsentrasi Standar} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara Standar}} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara} \times \frac{\text{Psampling}}{760} \times \frac{298}{(\text{Tsampling})}}$$

$$\text{Konsentrasi 1 jam} = \text{Konsentrasi Standar} \left(\frac{\text{Durasi Sampling}}{1 \text{ jam}}\right)^{0,18}$$

Parameter Total Suspended Partikulat (TSP)

Alat Pemantauan	Lokasi	Konsentrasi (ug/m^3)	Massa kosong (gr)	Massa isi (gr)	Massa tsp (gr)	Durasi Pemantauan (jam)	Laju Pengaliran (m^3/jam)	tekanan (mmhg)	suhu (Kelvin)	volume udara (m^3)	volume standar (Nm^3)	konsentrasi standar (ug/Nm^3)	Konsentrasi Standar 1 jam (ug/Nm^3)
HVAS	Monjali	-	2,7245	3,9816	1,2571	8	69,133	740,001	307,095	553,067	522,565	2405,636	3497,728
	Jombor	-	2,7595	3,117	0,3575	4	82,050	740,291	307,484	328,200	309,828	1153,865	1480,900
E-Sampler	Muntilan	71,231	-	-	0,0000712	0,25	-	727,081	300,1231	1	0,950	74,986	58,427
	Palbapang	93,056	-	-	0,0000931	0,25	-	729,0816	300,5222	1	0,951	97,823	76,220
	Candi mendut	43,500	-	-	0,0000435	0,25	-	734,4295	299,2313	1	0,962	45,201	35,219
	Bunderan UGM	451,889	-	-	0,0004519	0,25	-	744,8663	302,9444	1	0,964	468,720	365,210
	Cikditiro	315,063	-	-	0,0003151	0,25	-	743,7462	308,5063	1	0,945	333,298	259,694

$$\text{Massa} = \text{Massa Isi} - \text{Massa kosong} = 3{,}981\ \text{gr} - 2{,}7245\ \text{gr} = 1{,}2751\ \text{gr}$$

$$\text{Volume Udara} = \text{Durasi Pemantauan} \times \text{Laju Pengaliran} = 8\ \text{jam} \times 69{,}133\ m^3/\text{jam} = 553{,}067\ m^3$$

$$\text{Konsentrasi Standar} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara Standar}} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara} \times \frac{\text{Psampling}}{760\ \text{mmHg}} \times \frac{298\ \text{K}}{\text{Tsampling}}} = \frac{1{,}2571\ \text{gr}}{553{,}06\ m^3 \times \frac{740{,}001}{760} \times \frac{298}{307{,}095}} = 0{,}002405636\ \text{gr/Nm3} = 2405{,}636\ \mu\text{g/Nm3}$$

$$\text{Konsentrasi Durasi pemantauan 1 jam} = \text{Konsentrasi Standar} \left(\frac{\text{Durasi Sampling}}{1\ \text{jam}}\right)^{0{,}18} = 2405{,}636 \times \left(\frac{8}{1}\right)^{0{,}18} = 3497{,}728\ \text{ug/m3}$$

Parameter Partikulat Matter 10 (PM_{10})

Lokasi	Konsentrasi (ug/m^3)	Massa PM_{10} (gr)	Durasi Pemantauan (jam)	Tekanan (mmhg)	Suhu (Kelvin)	volume udara (m^3)	volume standar (Nm^3)	konsentrasi (gr/Nm^3)	konsentrasi standar (ug/Nm^3)	Konsentrasi Standar 24 jam (ug/Nm^3)
monjali	117,052	0,0001171	4	741,194	302,879	1	0,960	0,00012199	121,987	88,358
jombor	65,725	0,0000657	2	740,595	305,475	1	0,951	0,00006914	69,139	44,205
muntilan	40,706	0,0000407	0,25	726,831	299,965	1	0,950	0,00004284	42,844	18,840
palbapang	32,222	0,0000322	0,25	728,682	299,022	1	0,956	0,00003372	33,722	14,829
candi mendut	40,800	0,0000408	0,25	733,876	299,547	1	0,961	0,00004247	42,472	18,676
bunderan UGM	291,800	0,0002918	0,25	744,398	304,340	1	0,959	0,00030425	304,254	133,791
cikdiktiro	269,083	0,0002691	1	744,381	306,546	1	0,952	0,00028261	282,608	159,495

Konsentrasi = 117,052 $\mu g/m^3$

Massa = 0,0001171 gr

Volume Udara = 1 m^3

$$\text{Konsentrasi Standar} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara Standar}} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara} \times \frac{\text{Psampling}}{760\ \text{mmHg}} \times \frac{298\ \text{K}}{\text{Tsampling}}} = \frac{0{,}0001171\ \text{gr}}{1\ \text{m}^3 \times \frac{741{,}194}{760} \times \frac{298}{302{,}879}} = 0{,}00012199\ \text{gr/m3} = 121{,}987\ \mu\text{g/Nm3}$$

$$\text{Konsentrasi Durasi pemantauan 24 jam} = \text{Konsentrasi Standar} \left(\frac{\text{Durasi Sampling}}{24\ \text{jam}}\right)^{0{,}18} = 121{,}987 \times \left(\frac{4}{24}\right)^{0{,}18} = 88{,}358\ \text{ug/m3}$$

Parameter Partikulat Matter 2,5 ($PM_{2,5}$)

Lokasi	Konsentrasi (ug/m^3)	berat tsp (gr)	Durasi Pemantauan (jam)	Tekanan (mmhg)	Suhu (Kelvin)	volume udara (m^3)	volume standar (Nm^+)	Konsentrasi Standar (gr/Nm^3)	konsentrasi standar (ug/Nm^3)	konsentrasi standar 1 jam (ug/Nm^3)
monjali	54,6449	0,0000546	4	740,001	307,095	1	0,945	0,00005783	57,835	74,226
jombor	37,8692	0,0000379	2	740,291	307,484	1	0,944	0,00004011	40,115	45,445
muntilan	29,2	0,0000292	0,25	726,930	299,947	1	0,950	0,00003073	30,728	23,942
palbapang	46,4	0,0000464	0,25	728,921	300,000	1	0,953	0,00004870	48,703	37,948
candi mendut	36,47	0,0000365	0,25	734,070	299,476	1	0,961	0,00003795	37,945	29,566
bunderan UGM	101,9417	0,0001019	0,25	744,648	304,041	1	0,960	0,00010615	106,153	82,710
cikdiktiro	120	0,0001200	0,25	743,889	308,756	1	0,945	0,00012702	127,024	98,973

Konsentrasi = 54,6449 µg/m^3

Massa = 0,0000546 gr

Volume Udara = 1 m^3

$$\text{Konsentrasi Standar} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara Standar}} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume Udara} \times \frac{\text{Psampling}}{760\ \text{mmHg}} \times \frac{298\ \text{K}}{\text{Tsampling}}} = \frac{0{,}0000546\ \text{gr}}{1\ \text{m}^3 \times \frac{740{,}001}{760} \times \frac{307{,}095}{302{,}879}} = 0{,}00005783\ \text{gr/m3} = 57{,}835\ \mu\text{g/Nm3}$$

$$\text{Konsentrasi Durasi pemantauan 24 jam} = \text{Konsentrasi Standar} \left(\frac{\text{Durasi Sampling}}{1\ \text{jam}}\right)^{0{,}18} = 57{,}835 \times \left(\frac{4}{1}\right)^{0{,}18} = 74{,}226\ \text{ug/Nm3}$$