



TUGAS AKHIR - SB091358

**PEMETAAN KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) DAN PENENTUAN NILAI *AIR POLLUTION TOLERANCE INDEX* (APTI) PADA TANAMAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus* Willd.) DI JALAN RAYA ITS**

Salim  
1508100703

Dosen Pembimbing  
Aunurohim, S.Si., DEA

Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - SB091358

**MAPPING CONCENTRATION OF *PARTICULATE MATTER* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) AND DETERMINING VALUE OF *AIR POLLUTION TOLERANCE INDEX* (APTI) AT ANGSANA (*Pterocarpus indicus* Willd.) ON ITS HIGHWAY**

Salim  
1508100703

Advisor Lecturer  
Aunurohim, S.Si., DEA

Departement of Biology  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

## LEMBAR PENGESAHAN

**PEMETAAN KONSENTRASI *PARTICULATE MATTER* 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) DAN PENENTUAN NILAI AIR POLLUTION TOLERANCE INDEX (APTI) PADA TANAMAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus* Willd.) DI JALAN RAYA ITS**

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Jurusan S-1 Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SALIM**  
**NRP. 1508100703**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Aunurohim, S.Si., DEA. .... (Pembimbing 1)

Surabaya, 8 Agustus 2014

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

Dg.rer.nat.Ir. Maya Shovitri, M.Si.  
NIP. 19690907 199803 2 001

PEMETAAN KONSENTRASI *PARTICULATE*  
*MATTER* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) DAN PENENTUAN NILAI AIR  
*POLLUTION TOLERANCE INDEX* (APTI) PADA  
TANAMAN ANGSANA (*Pterocarpus indicus* Willd.) DI  
JALAN RAYA ITS

**Nama Mahasiswa** : Salim  
**NRP** : 1508100703  
**Jurusan** : Biologi  
**Dosen Pembimbing** : Aunurohim, S.Si., DEA

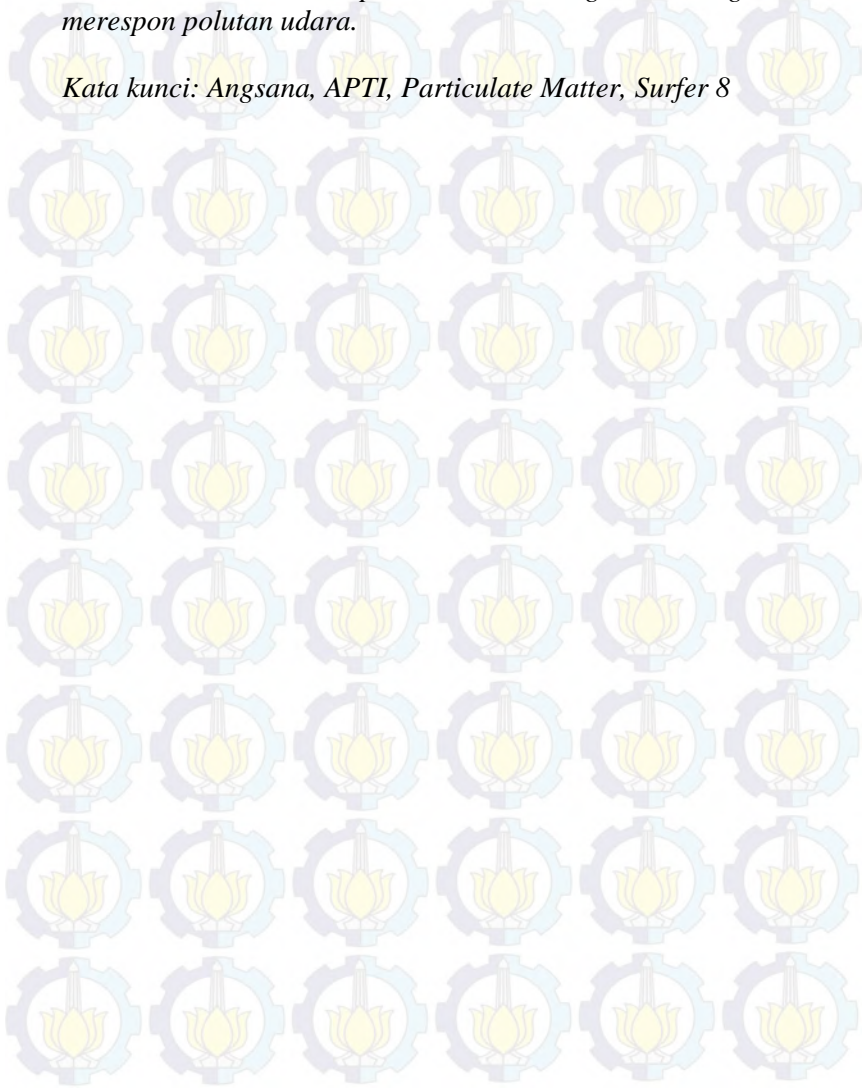
Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa konsentrasi Particulate Matter 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), memetakan pola persebaran Particulate Matter 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS, serta mengetahui nilai indeks toleransi tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) terhadap pencemaran udara dengan menggunakan penetapan nilai APTI (Air Pollution Tolerance Index). Sampling udara menggunakan High Volume Sampling (HVS) dengan metode gravimetri. Kemudian konsentrasi yang diperoleh dipetakan menggunakan program Surfer 8. Dan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) diamati secara fisiologis untuk penetapan nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI).*

*Hasil penelitian menunjukkan berdasarkan hari sampling nilai konsentrasi  $\text{PM}_{10}$  tertinggi pada hari senin dan terendah pada hari minggu. Sedangkan berdasarkan waktu sampling nilai konsentrasi tertinggi pada interval waktu siang dan terendah pada interval waktu sore. Berdasarkan peta kontur didapatkan pola persebaran  $\text{PM}_{10}$  yang berbeda pada tiap hari sampling dengan konsentrasi tertinggi pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 2, titik 4, titik 3, titik 7, dan konsentrasi terendah pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 1, titik 1, titik 5, titik 2. Dan nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) pada Angsana*

(*Pterocarpus indicus* Willd.) berada pada nilai 15,62 yang termasuk dalam kelompok tanaman tingkat sedang dalam merespon polutan udara.

*Kata kunci: Angsana, APTI, Particulate Matter, Surfer 8*





MAPPING CONCENTRATION OF *PARTICULATE MATTER* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) AND DETERMINING VALUE OF *AIR POLLUTION TOLERANCE INDEX* (APTI) AT ANGSANA (*Pterocarpus indicus* Willd.) ON ITS HIGHWAY

**Student Name** : Salim  
**NRP** : 1508100703  
**Departement** : Biologi  
**Supervisor** : Aunurohim, S.Si., DEA

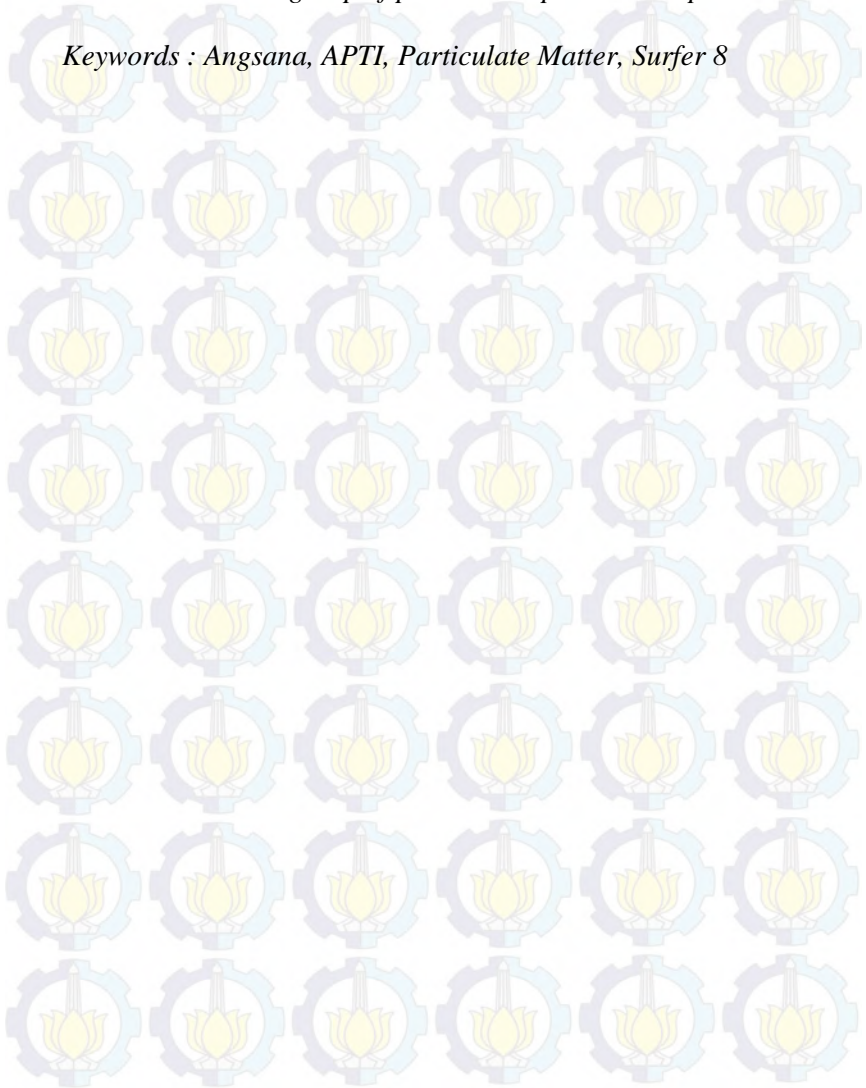
Abstract

*This research aims to analyze the concentration of Particulate Matter 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), to map the distribution patterns of Particulate Matter 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) on ITS Highway, and to know the value of tolerance index at Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) toward air pollution by using the determination of the value of APTI (Air Pollution Tolerance Index). In this study, air sample used the High Volume Sampler (HVS) with the gravimetric method. Then the concentrations obtained are mapped by using the program Surfer 8. And leaf Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) is observed physiologically for determination of the value of Air Pollution Tolerance Index (APTI).*

*The results show the sampling rate based on the highest concentration of  $\text{PM}_{10}$  on Monday and the lowest concentration on Sunday. While time-based sampling highest concentration values at noon intervals and lowest concentration at afternoon interval. Based on the contour map it is obtained  $\text{PM}_{10}$  different distribution patterns on each day of sampling with the highest concentration on Monday, Wednesday, Friday and Sunday respectively at the point 2; 4; 3; 7, and the lowest concentration on Monday, Wednesday, Friday and Sunday respectively at the point 1; 1; 5; 2. And the value of Air Pollution Tolerance Index*

*(APTI) at Angsana (Pterocarpus indicus Willd.) is 15.62 that includes a medium group of plants in response to air pollutants.*

*Keywords : Angsana, APTI, Particulate Matter, Surfer 8*



## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami ucapkan atas kelimpahan rahmat dan karunia Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas Akhir dengan judul **Pemetaan Konsentrasi Particulate Matter  $10\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) Dan Penentuan Nilai Air Pollution Tolerance Index (APTI) Pada Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) Di Jalan Raya ITS**. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Juni 2014. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar S-1 pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam melakukan penelitian maupun penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Aunurohim, S.Si., DEA selaku pembimbing. Dan juga pada Ibu Wirdhatul Muslihatin S.Si, M.Si dan Nur Hidayatul Alami S.Si, M.Si selaku tim penguji. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ayahanda dan Ibunda, kedua adikku serta seluruh keluarga atas doa dan kasih sayangnya, juga kepada teman-teman Biologi 2008 dan teman-teman PBSB ITS 2007 atas motivasi, saran, semangat dan bantuan, serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun sangat berarti bagi penulis. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca.

Surabaya, 8 Agustus 2014

Salim



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan .....	5
1.5 Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pencemaran Udara .....	7
2.2 Sumber Pencemaran Udara .....	7
2.3 <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	9
2.3.1 Definisi <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	9
2.3.2 Bentuk <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	10
2.3.3 Sifat <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	10
2.3.4 Sumber <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	11
2.3.5 Pembentukan <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	12
2.4 Penyebaran <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) .....	12
2.5 Stomata .....	14
2.6 Tumbuhan Sebagai Pereduksi Polutan .....	15
2.7 <i>Air Pollution Tolerance Index</i> (APTI) .....	19
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2 Metode yang Digunakan .....	22

3.2.1 Pengambilan sampel udara .....	22
3.2.1.1 Penimbangan berat kertas saring <i>Whatman</i> .....	22
3.2.1.2 Penentuan titik sampling .....	22
3.2.1.3 Penentuan waktu sampling .....	22
3.2.1.4 Pengambilan sampel partikulat .....	23
3.2.2 Pengambilan data meteorologi .....	24
3.2.3 Pengamatan fisiologis daun .....	24
3.2.3.1 Pengambilan sampel daun .....	24
3.2.3.2 Pengamatan fisiologis daun .....	24
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data .....	26
3.3.1 Penghitungan konsentrasi $PM_{10}$ .....	26
3.3.2 Pembuatan peta kontur .....	27
3.3.3 Penghitungan nilai <i>Air Pollution Tolerance index</i> (APTI) .....	27

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi <i>Particulate Matter</i> 10 $\mu\text{m}$ ( $PM_{10}$ ) di Jalan Raya ITS .....	29
4.2 Kandungan Klorofil, pH Daun, Asam Askorbik, Kadar Air Daun dan Nilai APTI pada Angsana .....	33





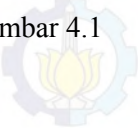



















#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....	39
5.2 Saran .....	39

DAFTAR PUSTAKA .....	40
----------------------	----

LAMPIRAN .....	44
----------------	----
































## DAFTAR GAMBAR

		Halaman
		
Gambar 2.1	Lokasi Titik Sampling .....	21
		
Gambar 4.1	Peta Lokasi Sampling .....	29
		
		
		
		
		
		





## DAFTAR LAMPIRAN

					Halaman
Lampiran 1	Hasil Perhitungan Data .....				51
Lampiran 2	Tutorial Program Surfer 8 .....				63
Lampiran 3	Rerata Faktor Meteorologi .....				70
					
					
					
					
					
					

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Udara sebagai salah satu komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukung bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal. Namun, dewasa ini pencemaran udara menampakkan keadaan yang semakin memburuk. Sumber pencemaran udara berasal dari berbagai macam kegiatan, antara lain perumahan, transportasi dan industri, yang pencemar udaranya dibuang ke udara.

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan atau zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan atau komposisi udara dari keadaan normalnya. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah ataupun melalui kegiatan manusia, misalnya peningkatan jumlah sistem transportasi, industri, pembuangan sampah, proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga. Penurunan kualitas udara sebagai dampak pencemaran, juga tidak luput dari percepatan pertumbuhan teknologi dan pertumbuhan jumlah penduduk, seperti meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan kawasan industri daerah perkotaan, sehingga aktivitasnya menghasilkan gas buangan yang merupakan polutan yang menyebabkan penurunan kualitas udara.

Kota Surabaya adalah kota metropolitan sekaligus kota terbesar kedua di Indonesia dengan jumlah penduduk mencapai 3.282.156 jiwa pada tahun 2010. Kota Surabaya merupakan ibu kota provinsi Jawa Timur yang sangat strategis sebagai pusat pemerintahan, industri, bisnis, pendidikan dan pariwisata. Oleh karena itulah Kota Surabaya memiliki daya tarik tersendiri bagi masyarakat di sekitarnya. Kualitas udara perkotaan menunjukkan kecenderungan menurun pada dua dekade terakhir. Ekonomi kota yang tumbuh ditandai dengan laju urbanisasi yang tinggi telah mendorong peningkatan kebutuhan energi yang pada akhirnya

menyebabkan bertambahnya buangan sisa energi. Aktivitas transportasi industri, jasa dan kegiatan lainnya yang meningkat telah pula meningkatkan buangan sisa kegiatan-kegiatan tersebut ke udara (BLH, 2011).

Adapun cara untuk mengatasi pencemaran udara antara lain dengan penghijauan kota atau pembuatan hutan kota dengan menanam pohon-pohon yang berfungsi sebagai penyaring dan penetral bahan-bahan pencemar udara, serta sebagai sumber oksigen yang sangat dibutuhkan tidak hanya oleh manusia tetapi juga oleh makhluk hidup lainnya. Vegetasi atau komunitas tumbuhan lainnya yang tersedia di alam merupakan solusi yang paling menjanjikan untuk mengatasi pencemaran udara. Semua tumbuhan hijau akan mengubah gas  $\text{CO}_2$  menjadi  $\text{O}_2$  melalui proses fotosintesis. Pemilihan tumbuhan sebaiknya juga mempertimbangkan fungsinya sebagai peneduh yang dapat memperbaiki iklim mikro dan juga dapat berfungsi sebagai barrier atau penahan terhadap penyebaran polusi udara.

Hal lain yang penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan jenis tanaman peneduh adalah kemampuan tanaman sebagai penahan dan penyaring partikulat di udara. Fungsi ini dilakukan oleh tajuk pohon melalui proses serapan dan jerapan sehingga partikulat di udara akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan partikulat akan terjerap dengan menempel pada permukaan daun, khususnya daun yang berbulu dan permukaan kasar. Sebagian partikulat lainnya akan terserap masuk kedalam ruang stomata daun (BLH, 2011). Martuti (2013) melaporkan bahwa keberadaan tanaman peneduh jalan dapat mengurangi kadar partikulat dari  $448,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di area tanpa tanaman menjadi  $64,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di area dengan tanaman.

Tanaman Angsana merupakan merupakan salah satu tanaman yang banyak dijumpai ditepi jalan yang berfungsi sebagai tanaman peneduh jalan. Dalam Laengge (2012) disebutkan bahwa Angsana merupakan jenis tanaman penghasil kayu berkualitas tinggi dari suku *Fabaceae*, kayunya tergolong keras dan berat. Penurunan kualitas udara perkotaan ditandai



dengan semakin meningkatnya pencemaran udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor, limbah rumah tangga dan aktivitas industri yang mengemisikan gas-gas seperti CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> disamping bentuk polutan lainnya. Dahlan (1995) menyebutkan bahwa tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) merupakan salah satu tanaman yang dapat menyerap polusi udara dengan kemampuan serapan sebesar 11,12 kg/pohon/tahun.

Tanaman merupakan *soft material* dalam lanskap. Keberadaannya tidak hanya mempunyai fungsi estetika tetapi juga berperan dalam menekan tingkat polusi. Kerusakan tanaman akibat pencemaran udara dapat dievaluasi berdasarkan gejala fisiologis tanaman. Gejala fisiologis dapat dipakai sebagai indikator toleransi tanaman terhadap pencemaran udara melalui penetapan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*). Nilai APTI merupakan suatu angka yang menunjukkan tingkat toleransi tanaman terhadap polusi udara. Singh *dkk.* (1991) menjelaskan bahwa tingkat toleransi tanaman terhadap polutan ditentukan oleh 4 parameter, yaitu melalui kandungan klorofil, asam askorbik, pH daun dan kadar air relatif. Nilai APTI biasa digunakan oleh ahli lanskap sebagai salah satu kriteria seleksi tanaman yang tahan terhadap polusi udara (Liu *dkk.*, 2007).

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Berapakah konsentrasi *Particulate Matter* 10 µm (PM<sub>10</sub>) di Jalan Raya ITS?
2. Bagaimanakah pola persebaran *Particulate Matter* 10 µm (PM<sub>10</sub>) di Jalan Raya ITS?
3. Berapakah nilai indeks toleransi Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) terhadap pencemaran udara dengan menggunakan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*)?



### 1.3 Batasan Masalah

Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan disepanjang Jalan Raya ITS.
2. Pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) menggunakan alat *High Volume Sampler* (HVS).
3. Pola persebaran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) ditentukan dengan menggunakan interpretasi peta kontur pada setiap hari sampling.
4. Pembuatan peta kontur pola persebaran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) menggunakan program Surfer 8.
5. Pengukuran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dilakukan pada hari Senin, Rabu, Jumat dan Minggu.
6. Interval waktu pengukuran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) mengacu pada Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor. 128 Tahun 1997 Tentang Baku Cara Pengambilan Contoh Udara, dimana pembagian waktunya sebagai berikut:
  - Interval waktu pagi antara pukul 06:00 - 11:00 WIB
  - Interval waktu siang antara pukul 12:00 - 17:00 WIB
  - Interval waktu sore antara pukul 18:00 - 23:00 WIB
7. Penimbangan berat kertas saring *Whatman* dan berat daun dilakukan pada tingkat ketelitian 0,0001 ( $10^{-4}$ ), sedangkan untuk penghitungan nilai akhir konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dan nilai APTI dilakukan pada tingkat ketelitian 0,01 ( $10^{-2}$ ).
8. Pohon yang dipilih adalah pohon Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) yang mencapai ketinggian sekitar  $\geq 1,5$  m diatas permukaan tanah dan daun berkedudukan pada kanopi terluar.
9. Penghitungan kemampuan toleransi tanaman terhadap polutan menggunakan kriteria nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*)

#### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisa konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS.
2. Memetakan pola persebaran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS.
3. Mengetahui nilai indeks toleransi tanaman angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) terhadap pencemaran udara dengan menggunakan penetapan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*).

#### 1.5 Manfaat

Manfaat Tugas Akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai tingkat konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS.
2. Memberikan informasi mengenai nilai indeks toleransi angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) terhadap pencemaran udara di Jalan Raya ITS.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Pengertian pencemaran udara berdasarkan Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 pasal 1 ayat 12 mengenai Pencemaran Lingkungan yaitu pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pencemaran yang berasal dari pabrik, kendaraan bermotor, pembakaran sampah, sisa pertanian, dan peristiwa alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api yang mengeluarkan debu, gas, dan awan panas. Sedangkan menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

#### **2.2 Sumber Pencemaran Udara**

Sumber pencemar udara terjadi akibat dilepaskannya zat pencemar dari berbagai sumber ke udara. Sumber-sumber pencemaran udara dapat bersifat alami maupun antropogenik. Menurut PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, sumber pencemar sebagai setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Selanjutnya PP No. 41 Tahun 1999 juga menggolongkan sumber pencemar dalam 5 kelompok yaitu:

- a. Sumber bergerak, yaitu sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor.
- b. Sumber bergerak spesifik, serupa dengan sumber bergerak namun berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal laut dan kendaraan berat lainnya.



- c. Sumber tidak bergerak, yaitu sumber emisi yang tetap berada pada suatu tempat.
- d. Sumber tidak bergerak spesifik, serupa dengan sumber tidak bergerak namun berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah.
- e. Sumber gangguan, yaitu sumber pencemar yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya berupa adanya kebisingan, getaran dan kebauan.

Di kota-kota besar di Indonesia, sumber bergerak telah mendominasi emisi pencemar udara. Di Jakarta misalnya, pada tahun 1998 kendaraan bermotor telah menyumbangkan 70% dari pencemar  $PM_{10}$  dan  $NO_x$ . Faktor yang mempengaruhi tingginya pencemaran udara dari kendaraan bermotor adalah bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, rendahnya kualitas Bahan Bakar Minyak (BBM) dan masih digunakannya jenis bahan bakar minyak mengandung Pb, penggunaan teknologi lama (sistem pembakaran) pada sebagian besar kendaraan bermotor di Indonesia dan minimnya perawatan kendaraan secara teratur.

Sumber pencemar udara dari sumber tidak bergerak terdiri dari industri, rumah tangga dan kebakaran hutan. Sektor industri merupakan penyumbang pencemaran udara terbanyak setelah kendaraan bermotor, melalui penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit tenaga. Penggunaan bahan bakar fosil dan kayu di rumah tangga ikut menyumbang pencemaran udara dari sumber tidak bergerak meskipun tidak sebesar kontribusi pencemaran industri. Kemudian asap pekat dari kebakaran hutan menjadi bahan pencemar udara. Hasil dari proses pembakaran di dalam asap terkandung campuran gas-gas dan partikel-partikel yang mengancam kesehatan manusia dan menambah jumlah gas rumah kaca di atmosfer.

Produksi energi, pengangkutan, konversi serta rumah tangga, industri dan penggunaan kendaraan bermotor merupakan penyumbang antropogenik utama terhadap polusi udara. Menurut



Novontny dan Chlesters (1981), sumber polusi udara global adalah:

- a. Emisi dari kota dan industri: pembangkit energi dan domestik;
- b. Emisi dari pertanian dan hutan: erosi tanah oleh angin, *slash burning* dari kebakaran hutan, komponen pupuk dan pestisida yang terbawa erosi angin, dekomposisi limbah pertanian dan peternakan

Emisi terjadi secara alami dalam skala global berupa tiupan debu dari daerah kering dan gurun, kebakaran hutan, semak dan rumput, letusan gunung berapi, emisi hidrokarbon dari hutan dan aktivitas budidaya hutan.

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

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

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

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

terbentuk dari proses yang sama dari oksida nitrogen dapat membentuk sepertiga atau lebih benda partikulat (Koren, 2003).

### 2.3.2 Bentuk *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )

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

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

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

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

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

*Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) ada yang berbentuk cair ataupun padat. Di samping itu ada pula yang berinti padat dan dikelilingi oleh cairan. Partikulat terdiri dari *ion organic*, senyawa logam, elemen karbon, senyawa organik dan senyawa lainnya.

Beberapa partikulat tersebut bersifat higroskopis dan berisi partikulat yang terikat air. *Particulate organic* terutama yang berbentuk kompleks, berisi ratusan sampai ribuan senyawa organik. Partikel primer secara langsung diemisikan dari sumber, sedangkan partikulat sekunder terbentuk dari gas melalui reaksi kimia dalam atmosfer. Reaksi kimia dalam atmosfer tersebut meliputi oksigen di atmosfer ( $O_2$ ) dan uap air ( $H_2O$ ), zat reaktif seperti ozon ( $O_3$ ), senyawa radikal seperti hidroksi radikal (COH) dan nitrat radikal ( $CNO_3$ ), serta zat polutan ( $SO_2$ ,  $NO_x$  dan gas organik dari alam maupun hasil kegiatan manusia). Ukuran adalah faktor yang menentukan sifat partikulat. Ukuran umumnya dinyatakan dalam diameter aerodinamika yang mengacu pada kepadatan unit partikulat berbentuk bola (US.EPA, 2004).

#### 2.3.4 Sumber *Particulate Matter* 10 $\mu m$ ( $PM_{10}$ )

*Particulate Matter* 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ) secara alami berasal dari tanah, bakteri, virus, jamur, ragi, serbuk sari serta partikulat garam dan evaporasi air laut. Sedangkan dari aktifitas manusia, partikulat dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri dan tenaga listrik. *Particulate Matter* 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ) dihasilkan secara langsung dari emisi mesin diesel, industri pertanian, aktifitas di jalan, reaksi fotokimia yang melibatkan polutan. Sumber partikulat sesuai dengan ukuran diameter adalah (US.EPA, 2004):

- a) Partikulat sangat halus/*ultrafine* (diameter  $\leq 0,1 \mu m$ ), berasal dari hasil pembakaran hasil transformasi  $SO_2$  dan campuran organik di atmosfer serta hasil proses kimia pada temperatur yang tinggi.
- b) Partikulat mode akumulasi (diameter  $0,1 \mu m$  sampai  $3 \mu m$ ), berasal dari hasil pembakaran batubara, minyak, bensin, solar dan kayu bakar, hasil transformasi  $NO_x$ ,  $SO_2$  dan campuran organik, serta hasil proses pada temperatur tinggi (peleburan logam dan juga pabrik baja).
- c) Partikulat kasar/*coarse* ( $> 3 \mu m$ ), berasal dari resuspensi partikulat industri, jejak tanah di atas jalan raya, suspensi



dari kegiatan yang mempengaruhi tanah (pertanian, pertambangan dan jalan tak beraspal), kegiatan konstruksi dan penghancuran, pembakaran minyak dan batubara yang tidak terkontrol.

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

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

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

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

### 2.4 Faktor Penyebaran *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ )

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

#### a. Sirkulasi Angin

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



dalam skala besar. Angin lokal terjadi akibat perbedaan temperatur setempat.

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

#### **b. Turbulensi**

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

#### **c. Temperatur**

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

#### **d. Kelembaban Udara**

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Konsentrasi dapat dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban spesifik, atau kelembaban relatif. Dalam kaitannya dengan penguapan air yang di udara yang menyebabkan berubahnya temperatur, kandungan air dalam suhu kamar dapat mencapai angka 3% pada  $30^{\circ}\text{C}$  ( $86^{\circ}\text{F}$ ),

dan tidak lebih dari sekitar 0,5 % pada 0 °C (32 °F). Kelembaban relatif adalah perbandingan menyangkut tekanan uap air di dalam gas apapun terutama udara ke keseimbangan tekanan penguapan air, di mana gas dinyatakan jenuh pada temperatur tersebut, dinyatakan dalam persentase perbandingan antara massa air per volume gas dan massa per volume dari gas jenuh.

Salah satu faktor yang mempengaruhi pergerakan atmosfer secara vertikal adalah densitas udara. Densitas udara menurut Nevers (2000) dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban. Hukum kesetimbangan gas menyatakan bahwa kerapatan dipengaruhi perubahan nilai berat molekul (M) dan suhu (T).

## **2.5 Stomata**

Stomata yang dalam bahasa Yunani berarti mulut (Prawiranata dkk, 1995). Stomata merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis khusus yaitu sel penutup. Dengan mengubah bentuknya, sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel yang mengelilingi stomata dapat berbentuk sama atau berbeda dengan sel epidermis lainnya. Sel ini dinamakan sel tetangga yang berperan dalam perubahan osmotik menyebabkan gerakan sel penutup dalam mengatur lebar celah (Estiti, 1995). Stomata bersama sel tetangga disebut perlengkapan stomata atau kompleks stomata (Fahn, 1991).

Stomata biasanya ditemukan pada bagian tumbuhan yang berhubungan dengan udara terutama di daun, batang dan rhizom. Stomata tidak ditemukan di akar dan seluruh permukaan beberapa tumbuhan parasit yang tanpa klorofil. Stomata dapat juga ditemukan pada daun mahkota, tangkai sari, daun buah dan biji tetapi biasanya stomata tersebut tidak berfungsi. Pada daun yang berfotosintesis, stomata mungkin ditemukan dikedua permukaan daun, atau hanya dipermukaan sebelah bawah. Pada daun yang pertulangannya sejajar stomata tersusun dalam barisan yang sejajar. Pada sebagian besar tumbuhan, stomata lebih banyak di

permukaan bawah daun dibandingkan di permukaan atas. Adaptasi ini akan meminimumkan kehilangan air yang terjadi lebih cepat melalui stomata pada bagian atas suatu daun yang terkena matahari, ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa jumlah kerapatan stomata di bawah permukaan daun lebih tinggi dibanding di atas daun pada tumbuhan peneduh jalan, sehingga semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, semakin tinggi potensi menyerap logam berat atau partikel di udara. (Fahn, 1991).

Stomata terdapat hampir pada semua bagian permukaan tanaman, suatu stomata terdiri dari lubang (porus) yang dikelilingi oleh 2 sel penutup. Pada daun, stomata terdapat pada permukaan atas maupun bawah, atau biasanya pada permukaan bawah saja. Di bawah pori stomata terdapat ruang antara sel yang luas disebut stomata. Stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas tanah, tetapi paling banyak ditemukan pada daun. Jumlah stomata beragam pada daun tumbuhan yang sama dan juga daerah daun yang sama. Pada beberapa jenis tumbuhan, jumlah stomata berkisar antara beberapa ribu per  $\text{cm}^2$ . Pada umumnya stomata lebih banyak terdapat pada permukaan bawah daripada permukaan atas, bahkan pada beberapa tumbuhan, stomata tidak ada pada permukaan bawah (Estiti, 1995).

Menurut hasil penelitian Sukarsono (1998) kerusakan abnormalitas anatomi daun seluruh tumbuhan yang diteliti dengan kandungan pencemar di udara secara umum menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terutama gas  $\text{SO}_2$  dan Pb terhadap abnormalitas masing-masing jaringan. Kerusakan anatomi daun (termasuk juga kerusakan klorofil dan kloroplas) akibat pencemaran udara disebabkan karena pengaruh gas pencemar tersebut yang mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion  $\text{H}^+$  meningkat).

## **2.6 Tumbuhan Sebagai Pereduksi Polutan**

Tumbuhan mengabsorpsi karbon dioksida dan melepaskan oksigen ke udara melalui fotosintesis. Pada waktu yang bersamaan tumbuhan mengurangi jumlah polutan dalam



tanah maupun air. Tumbuhan juga menghilangkan sejumlah polutan penting dan partikel di udara. Polutan udara juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Polutan akan berinteraksi dengan tumbuhan dan akan dipakai dalam proses fisiologi tanaman. Selain itu polusi udara juga mengakibatkan buruknya fotosintesis pada pohon di hutan, kebun dekat daerah industri dan tanaman pelindung di kota (Suparwoko, 2007).

Produk buangan dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor juga berpengaruh, bisa berbentuk ataupun butiran-butiran halus berupa partikel kecil dapat mengotori atmosfer di berbagai daerah dan dapat mengakibatkan kerusakan pada tumbuhan. Polutan udara secara fisik, kimia dan fisiologis dapat ditetapkan sebagai materi yang berpengaruh merugikan terhadap fungsi pertumbuhan tanaman. Dampak langsung polutan udara terhadap tanaman disebabkan difusi polutan ke dalam daun melalui stomata (Dahlan, 1995).

Pada umumnya proses penangkapan partikel oleh daun, cabang dan ranting pohon dilakukan melalui dua proses yaitu penyerapan dan penjerapan. Besarnya partikel yang diserap maupun dijerap oleh tanaman bergantung dari luas bidang penangkap debu. Tanaman yang memiliki daun lebar, rimbun dengan ranting dan cabang yang banyak secara intensif memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menangkap partikel lebih banyak dibandingkan dengan tanaman berdaun sempit dan jarang (Hesaki, 2004). Dengan adanya vegetasi pohon, partikel yang tersuspensi di biosfer bumi akan dibersihkan oleh tajuk pohon melalui proses jerapan dan serapan. Sebagian partikel yang melayang akan terjepit di permukaan daun, khususnya daun berbulu dan mempunyai permukaan yang kasar dan sebagian lagi akan terserap masuk dalam ruang stomata daun (Dahlan, 1995).

Selain itu Lerman *dkk.* (1975) menyatakan lapisan kerak tersebut akan mengganggu proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari dan proses pertukaran CO<sub>2</sub> dengan atmosfer. Dengan terganggunya proses fotosintesis akhirnya pembentukan protein dan lemak sebagai



sumber energi semakin sedikit. Sebagaimana diketahui, tumbuhan melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanan atau energi yang dibutuhkan. Dalam fotosintesis tersebut tumbuhan menyerap karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air yang kemudian dirubah menjadi glukosa dan oksigen dengan bantuan sinar matahari yang berlangsung di klorofil.

Tabel 2.1 Kemampuan Pohon Menyerap Karbondioksida

Nama Lokal	Nama Ilmiah	Daya Serap $\text{CO}_2$ (kg/pohon/tahun)
Trembesi	<i>Samanea saman</i>	28.448,39
Beringin	<i>Ficus benyamina</i>	535,90
Kiara Payung	<i>Fellicium decipiens</i>	404,83
Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	295,73
Jati	<i>Tectona grandis</i>	135,27
Johar	<i>Cassia grandis</i>	116,25
Akasia	<i>Acacia auriculiformis</i>	48,68
Tanjung	<i>Mimusops elengi</i>	34,29
Akasia	<i>Acacia mangium</i>	15,19
Angsana	<i>Pterocarpus indicus</i>	11,12
Dadap Merah	<i>Erythrina cristagalli</i>	4,55

Taihuttu (2001) mengatakan bahwa pemilihan tanaman untuk dijadikan sebagai penyaring partikel di udara harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut: (1) dapat menggugurkan daun pada suatu periode tertentu. Sifat ini diperlukan karena dengan adanya pengguguran daun maka akan muncul daun-daun baru yang mampu menyaring partikel sehingga tanaman tidak mati karena permukaan daunnya tertutup oleh partikel, (2) mempunyai tajuk yang rimbun dan rapat, (3) mempunyai daya tahan yang tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya bahan

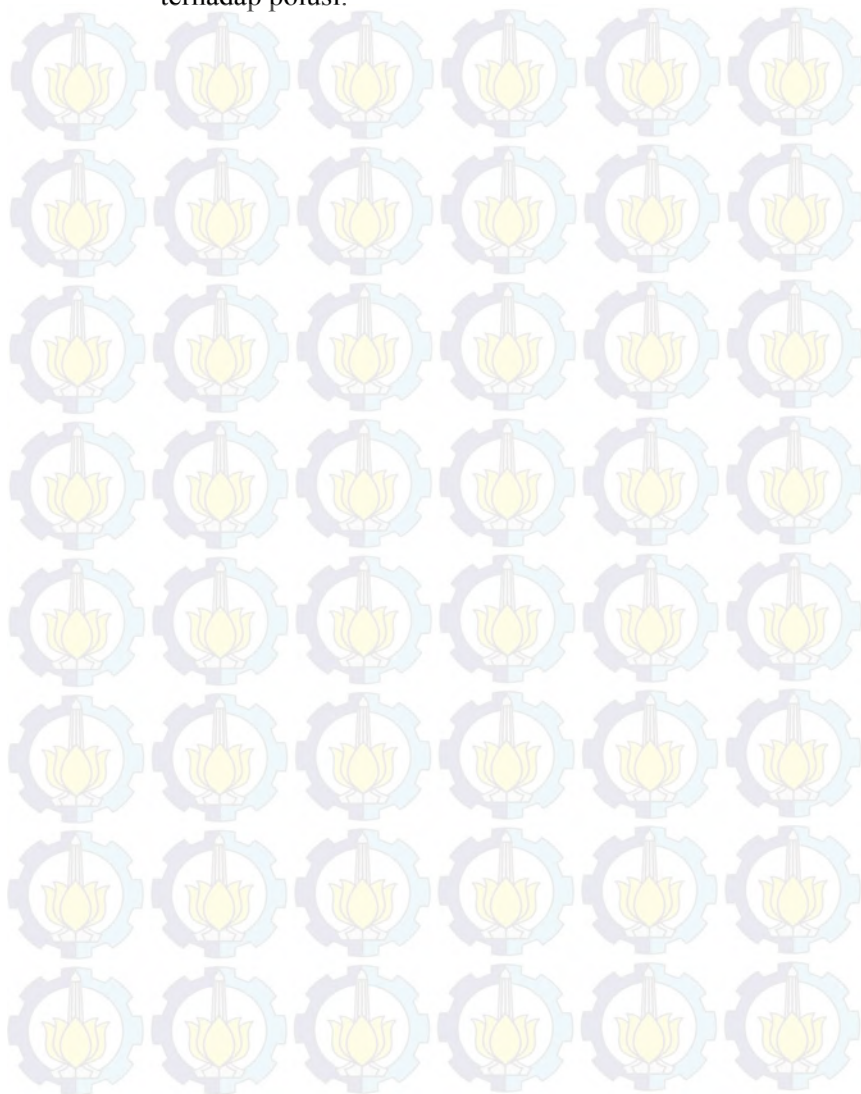
partikel yang terakumulasi di permukaan daun maka proses fotosintesis akan terganggu.

### 2.7 *Air Pollution Tolerance Index (APTI)*

*Air Pollution Tolerance Index (APTI)* adalah suatu angka yang menunjukkan tingkat toleransi tanaman terhadap polusi udara. Singh *dkk.* (1991) menyebutkan bahwa, tingkat toleransi tanaman terhadap polutan ditentukan oleh:

- a) Kandungan klorofil, merupakan zat hijau daun yang berperan dalam proses fotosintesis. Keberadaan polutan dapat menurunkan kandungan klorofil, hal ini dapat dijelaskan masuknya polutan pada daun mengakibatkan rusaknya kutikula sehingga respirasi terhambat dengan demikian proses fotosintesis juga terhambat. Pada tanaman yang toleran terhadap polutan mempunyai kandungan klorofil yang tinggi karena secara fisiologis tanaman dapat menetralkan polutan sehingga tidak merusak klorofil.
- b) Tanaman yang toleran mempunyai kandungan asam askorbik yang tinggi walaupun dalam kondisi terpolusi. Asam askorbik berfungsi sebagai anti oksidan yang dapat mencegah terjadinya reaksi oksidasi. Karena jika reaksi oksidasi sampai berlangsung, maka akan membentuk senyawa yang dapat meracuni tanaman.
- c) Tanaman yang toleran mempunyai pH yang cukup tinggi (sekitar 6,7) meskipun dalam kondisi terpolusi. Pengaruh polutan yang bersifat asam secara langsung dapat menurunkan pH misalnya  $\text{NO}_2$  dan  $\text{SO}_2$ .
- d) Polusi udara yang sangat tinggi dapat mengakibatkan tanaman mengalami defisit air sehingga tanaman tampak layu. Dilaporkan bahwa kandungan air relatif berkaitan dengan permeabilitas sel, dimana polutan dari udara dapat meningkatkan permeabilitas sel yang disebabkan oleh kehilangan air dan terlarutnya bahan nutrisi. Sehingga dimungkinkan tanaman yang mempunyai kandungan air

relatif (KAR) tinggi dalam kondisi terpolusi akan toleran terhadap polusi.





## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari sampai Februari 2014. Pengambilan sampel udara dilakukan di Jalan Raya ITS, uji berat kertas saring *Whatman* dilakukan di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi ITS dan pengamatan fisiologis daun dilakukan di Laboratorium Botani Jurusan Biologi ITS. Lokasi titik sampling dilihat digambar 3.1.



**Gambar 3.1** Lokasi Titik Sampling (Modifikasi Google Earth, 2014)

Keterangan:

Titik 1 :  $7^{\circ}16'43.64''\text{S } 112^{\circ}47'24.81''\text{E}$

Titik 2 :  $7^{\circ}16'38.33''\text{S } 112^{\circ}47'24.51''\text{E}$

Titik 3 :  $7^{\circ}16'34.48''\text{S } 112^{\circ}47'26.95''\text{E}$

Titik 4 :  $7^{\circ}16'33.12''\text{S } 112^{\circ}47'33.04''\text{E}$

Titik 5 :  $7^{\circ}16'31.45''\text{S } 112^{\circ}47'39.52''\text{E}$

Titik 6 :  $7^{\circ}16'30.20''\text{S } 112^{\circ}47'45.53''\text{E}$

Titik 7 :  $7^{\circ}16'28.94''\text{S } 112^{\circ}47'51.57''\text{E}$



## **3.2 Metode yang Digunakan**

### **3.2.1 Pengambilan sampel udara**

#### **3.2.1.1 Penimbangan berat kertas saring *Whatman***

Kertas saring *Whatman* untuk pengukuran beban partikulat yang digunakan berdiameter 10 mikron. Sebelum pengambilan sampel di wilayah studi, terlebih dahulu dilakukan pengukuran berat kertas saring *Whatman* secara gravimetri. Adapun prosedur penimbangan secara gravimetri kertas saring *Whatman* (Adib, 2006) adalah sebagai berikut:

- Kertas saring *Whatman* dimasukkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105 °C.
- Kertas saring *Whatman* ditimbang sampai diperoleh berat awal ( $W_0$ ) kertas saring.
- Kertas saring *Whatman* digunakan dalam penelitian.
- Setelah digunakan dalam penelitian, kertas saring *Whatman* dimasukkan kembali dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105 °C.
- Mencatat berat partikulat yang tertangkap sebagai berat akhir ( $W_t$ ) kertas saring.

#### **3.2.1.2 Penentuan titik sampling**

Adapun panjang jalan wilayah studi mencapai 1.200 m (1,2 km). Penentuan titik sampling dalam wilayah studi dibagi dalam beberapa titik sampling dengan jarak antar titik sejauh 200 m yang dimulai dari bundaran ITS sampai bundaran Mulyosari. Jumlah titik sampling dalam penelitian sejumlah 7 titik.

#### **3.2.1.3 Penentuan waktu sampling**

Adapun penentuan hari sampling dilakukan pada hari Senin, Rabu, Jumat dan Minggu. Penentuan hari pengambilan sampel udara didasarkan pada tingkat kepadatan lalu lintas kendaraan bermotor. Untuk tingkat kepadatan lalu lintas pada hari Senin sampai Kamis adalah relatif sama, sehingga dalam penelitian ini diambil hari Senin dan Rabu karena dianggap sudah mewakili. Sedangkan untuk hari Jumat diperkirakan sebagai hari yang pendek sehingga perlu dilakukan pengukuran dihari

tersebut. Dan hari Minggu merupakan hari libur sehingga dinilai perlu untuk dilakukan pengukuran sebagai pembandingan terhadap hari aktif lainnya.

Adapun interval waktu dalam pengukuran sampel udara dilakukan selama 15 menit. Dalam pengukuran sampel udara digunakan interval waktu yang diatur sesuai Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat 1 Jawa Timur No. 128 Tahun 1997 tentang Baku Cara Uji Pengambilan Contoh Udara Ambien yang dibagi menjadi 3 interval waktu, yaitu:

- Interval waktu pagi antara pukul 06:00 - 11:00 WIB
- Interval waktu siang antara pukul 12:00 - 17:00 WIB
- Interval waktu sore antara pukul 18:00 - 23:00 WIB

#### **3.2.1.4 Pengambilan sampel partikulat**

Dalam pengambilan sampel partikulat digunakan alat *High Volume Sampler* (HVS). Adapun cara penggunaan alat *High Volume Sampler* (HVS) (Adib, 2006) sebagai berikut:

- Peralatan dipasang pada lokasi yang dianggap representatif sehingga sampel yang terambil menggambarkan keadaan sebenarnya.
- Disarankan *inlet* peralatan dengan ketinggian 1,5 m diatas permukaan tanah.
- *Genset*/pembangkit listrik dinyalakan terlebih dahulu  $\pm$  5 menit sebagai pemanasan agar mesin berjalan normal
- Membuka *High Volume Sampler* (HVS) dan memasang kertas saring *Whatman*
- Menyalakan *High Volume Sampler* (HVS) dan beroperasi selama 15 menit
- Kertas saring *Whatman* yang telah digunakan dimasukkan dalam wadah plastik serta ditandai label.

#### **3.2.2 Pengambilan data meteorologi**

Pada proses pengambilan data lapangan di wilayah studi, selain mengukur beban partikulat pada tiap titik sampel juga dilakukan pengukuran data meteorologi, antara lain:

- Data kecepatan angin dengan menggunakan Anemometer
- Data suhu udara dengan menggunakan Thermometer
- Data tekanan udara dengan menggunakan Barometer

### **3.2.3 Pengamatan fisiologis daun**

#### **3.2.3.1 Pengambilan sampel daun**

Teknik pengambilan sampel daun merupakan modifikasi metode penelitian yang dilakukan oleh Samsuedin (2010). Daun contoh diambil dari salah satu pohon yang termasuk dari kriteria yang ditentukan dengan asumsi semua pohon yang sama memiliki kandungan polutan yang sama di lokasi sampling dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Sebanyak 100 g sampel daun dipetik dari beberapa bagian pohon yang mewakili bagian pohon tersebut.
- b. Pengambilan sampel daun dibatasi pada daun yang berkedudukan pada kanopi terluar yang tidak terhalangi oleh benda lain dari arah jalan raya. Ketinggian daun dibatasi pada ketinggian  $\geq 1,5$  m diatas permukaan tanah.
- c. Sampel daun (100 g) dimasukkan dalam kantung plastic yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diamati berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

#### **3.2.3.2 Pengamatan fisiologis**

Dalam pengamatan fisiologis daun ini, ada 4 parameter yang diamati yaitu kandungan asam askorbik, total klorofil daun, pH ekstrak daun dan kadar air daun. Adapun cara kerja pada masing-masing parameter adalah:

- a) Kandungan asam askorbik ditentukan dengan menggunakan metode Iodometri. Sampel daun 10 g r dihancurkan dengan 100 ml aquadest, dan disaring dengan kertas saring *Whatman*. Larutan yang telah disaring diambil 25 ml dan ditambah pati 1% sebanyak 1 ml, kemudian dititrasi dengan  $I_2$  0,01 N sampai berwarna biru dan warna tidak berubah ( $\pm 15$  detik). Kandungan asam askorbik mg per berat bahan:



$$A = \frac{\text{volume titrasi Iodida } 0,01 \text{ N} \times 0,88 \times P}{W}$$

Dimana;

A : Asam askorbik per berat bahan (mg/g)

P : Faktor pengencer (ml)

0,88 mg asam askorbik : 1 ml 0,01 N I<sub>2</sub>

W : Berat sampel (g)

- b) Total klorofil daun ditetapkan dengan menggunakan spektrofotometri. Sampel daun 1 g ditumbuk hingga halus kemudian ditambah 5 ml larutan etanol 96%. Ekstrak disentrifuge sekitar 1200 rpm (putaran/menit) hingga diperoleh supernatant. Selanjutnya supernatant diukur dengan spektrofotometer. Nilai absorbansi (OD) dibaca pada panjang gelombang 649 dan 665. Nilai total klorofil daun ditentukan menggunakan metode Wintermans and de Mots (1965) dalam Banyo (2013):

$$\text{Total Klorofil} = 20,0 \text{ OD}_{649} + 6,10 \text{ OD}_{665}$$

- c) pH ekstrak daun diukur dengan pH meter (Nugrahani, 2008). Sampel daun sebanyak ± 5 g yang telah dihancurkan ditambahkan aquadest sebanyak ± 50 ml dan pH suspensi diukur menggunakan pH meter.
- d) Penetapan kadar air daun (KA) menggunakan oven (Nugrahani, 2008). Sampel daun sebanyak ± 5 g di oven pada suhu 60 °C selama 3 hari sampai didapatkan berat kering sampel daun menjadi konstan. Selanjutnya ditimbang berat keringnya. Formula penetapan kadar air daun adalah:

$$KA = \frac{\text{Berat basah} - \text{berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100 \%$$



### 3.3 Rancangan Penelitian dan Analisa Data

Adapun rancangan percobaan pada penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Data hasil konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dipetakan dengan menggunakan program Surfer 8. Sedangkan pengambilan sampel daun angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) diamati berdasarkan 4 parameter yakni kandungan asam askorbik, total klorofil daun, pH daun dan kadar air daun dengan menggunakan penetapan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*).

#### 3.3.1 Penghitungan konsentrasi $\text{PM}_{10}$

Adapun metode yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi partikulat ini adalah metode Gravimetri. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Kadar Partikulat } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(W_t - W_o) \times 10^6}{V_s}$$

Dimana:

$W_t$  : Berat kertas saring *Whatman* sebelum digunakan (g)

$W_o$  : Berat kertas saring *Whatman* setelah digunakan (g)

$V_s$  : Volume standart udara

$10^6$  : Faktor konversi satuan g ke  $\mu\text{g}$

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume standart udara ( $V_s$ ) sebagai berikut:

$$\text{Volume Udara Standart} = \frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

Dimana:

$P_1$  : Tekanan udara saat pengambilan sampel (mmHg)

$P_2$  : Tekanan udara standart (760 mmHg)

$V_1$  : Volume udara saat pengambilan sampel ( $\text{m}^3$ )

$V_2$  : Volume udara yang dihitung ( $\text{m}^3$ )

$T_1$  : Suhu udara saat sampling ( $^{\circ}\text{K}$  ;  $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$ )

$T_2$  : Suhu udara standart (298,15  $^{\circ}\text{K}$ )

### 3.3.2 Pembuatan peta kontur

Dalam pembuatan peta kontur sebaran partikulat menggunakan program Surfer 8. Surfer 8 adalah suatu program pemodelan untuk pembuatan kontur. Peta pola sebaran berisikan tentang sebaran konsentrasi partikulat yang didapat dari titik-titik sampling sehingga dapat diketahui konsentrasi partikulat di wilayah studi. Adapun peta pola sebaran yang dibuat adalah:

- Peta pola sebaran partikulat pada hari senin
- Peta pola sebaran partikulat pada hari rabu
- Peta pola sebaran partikulat pada hari jumat
- Peta pola sebaran partikulat pada hari minggu

### 3.3.3 Penghitungan nilai *Air Pollution Tolerance index* (APTI)

Adapun hasil pengamatan fisiologis daun ditentukan dengan melakukan penghitungan nilai *Air Pollution Tolerance index* (APTI) dari Singh et al. (1991) dengan formula berikut:

$$\text{Nilai APTI} = \frac{A(T + P) + R}{10}$$

Dimana

APTI : *Air Pollution Tolerance index*

A : Kandungan asam askorbik (mg/g berat bahan)

P : pH daun

T : Total klorofil daun (mg/g)

R : Kandungan kadar air daun (%)

Dari formula diatas dapat ditentukan kriteria dalam penetapan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*) (Singh et al., 1991) adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Kriteria Penetapan Nilai APTI

Kriteria	Nilai APTI	
	<i>(Air Pollution Tolerance Index)</i>	
	<i>Deciduous</i>	<i>Evergreen</i>
Sensitif	< 14	< 12
Sedang	15 – 19	13 – 16
Cukup Toleran	20 – 24	17 – 20
Toleran	> 24	> 20

Menurut Sulistijorini (2009), angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) termasuk dalam tanaman *evergreen*, maka digunakan kriteria penetapan nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*) untuk *evergreen*.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kualitas udara telah dilakukan di Jalan Raya ITS dengan menggunakan alat *High Volume Sampler* (HVS) pada tanggal 5-10 Februari 2014, termasuk juga penimbangan kertas saring *Whatman* secara gravimetri. Adapun hasil penghitungan konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) menjadi acuan dalam membuat pemetaan kontur terhadap pola persebaran konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Pada penelitian ini juga dilakukan penentuan nilai *Air Pollution Tolerance Index* (APTI) pada tanaman angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.). Adapun lokasi sampling pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut.



**Gambar 4.1** Peta Lokasi Sampling

Untuk lebih jelas mengenai penelitian ini akan dibahas pada masing-masing sub bagian pembahasan berikut ini.

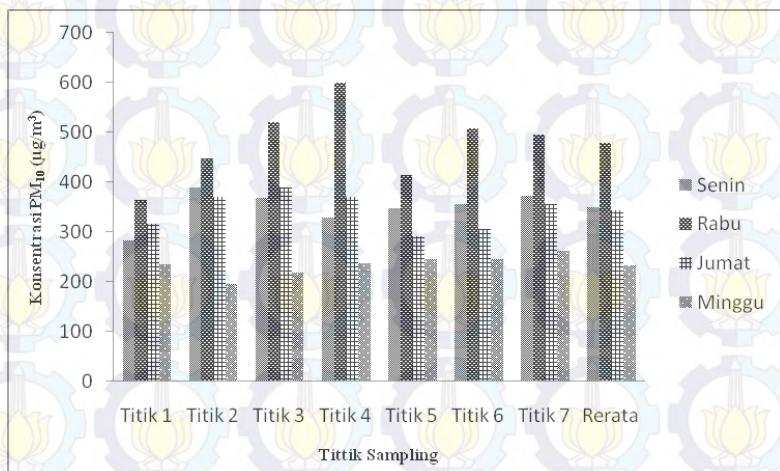
### 4.1 Konsentrasi *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS

Salah satu sumber pencemar udara yang terdapat di Jalan Raya ITS diduga berasal dari aktivitas transportasi di jalan raya.



Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran di lokasi penelitian serta perhitungan yang dilakukan di laboratorium telah didapatkan data tentang konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) sebagai berikut.

Dari Grafik 4.1 tentang rata-rata konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berdasarkan hari sampling dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS. Pada grafik tersebut juga ditunjukkan konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berdasarkan hari sampling yakni pada hari senin, rabu, jumat dan minggu pada masing-masing titik sampling di lokasi penelitian.



**Grafik 4.1** Konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berdasarkan hari sampling dan reratanya

Dari Grafik 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) pada masing-masing titik sampling di Jalan Raya ITS. Konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) pada hari senin berada pada kisaran 284,30 - 389,90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 2 dan konsentrasi terendah pada titik 1. Pada hari rabu didapatkan

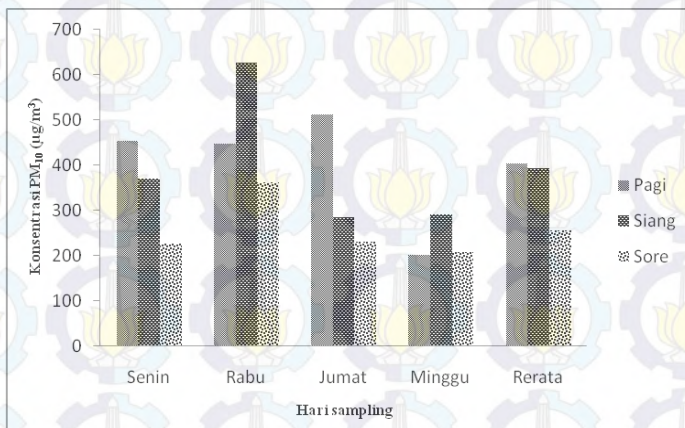
fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berada pada kisaran 364,18 - 600,73  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi di titik 4 dan konsentrasi terendah di titik 1. Pada hari jumat juga terdapat fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berada pada kisaran 292,28 - 388,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 3 dan konsentrasi terendah pada titik 5. Sedangkan pada hari minggu konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang berada pada kisaran 195,07 - 261,89  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada titik 7 dan konsentrasi terendah pada titik 2. Dari keempat hari sampling juga didapatkan bahwa hari rabu mempunyai rerata konsentrasi tertinggi sebesar 478,75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan hari minggu dengan rerata konsentrasi terendah sebesar 234  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Penelitian Prasasti (2006), menyebutkan bahwa tingkat konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) mempunyai korelasi dengan jumlah kendaraan yang melintas. Diketahui *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dapat mencapai angka 265,15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan jumlah kendaraan 7506 unit, dan jika konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) mencapai angka 94,72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  maka jumlah kendaraan yang melintas hanya 1593 un it. Dari hasil tersebut Prasasti (2006) menyimpulkan bahwa volume kendaraan memberi pengaruh terhadap konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang dihasilkan dimana semakin besar volume kendaraan maka diikuti dengan tingginya nilai konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang diperoleh.

Berdasarkan hal tersebut diperkirakan bahwa jumlah kendaraan yang melintas di lokasi penelitian setiap harinya juga mengalami fluktuasi jumlahnya sehingga mempengaruhi fluktuasi tingkat konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang dihasilkan. Oleh karena itu, berdasarkan data yang telah diperoleh sebelumnya, diduga jumlah kendaraan yang melintas pada hari minggu jauh lebih kecil dibandingkan yang melintas pada hari rabu. Akan tetapi pada penelitian ini tidak dilakukan pencatatan jumlah kendaraan bermotor yang melintas di lokasi penelitian.

Sehingga pernyataan diatas merupakan asumsi yang dikaji berdasarkan penelitian yang sudah ada sebelumnya.

Selain hari sampling yang berbeda, penelitian ini juga melakukan pengambilan sampel udara pada jam yang berbeda untuk setiap hari sampling, yakni interval waktu pagi antara pukul 06:00 - 11:00 WIB, interval waktu siang antara pukul 12:00 - 17:00 WIB dan interval waktu sore antara pukul 18:00 - 23:00 WIB. Apabila dilihat dari waktu sampling, juga terdapat pola fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang didapatkan pada tiap titik sampling di lokasi penelitian.



**Grafik 4.2** Konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berdasarkan waktu sampling pada beberapa hari pengamatan

Dari hasil pengukuran yang disajikan pada Grafik 4.2 diatas menunjukkan adanya pola fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berdasarkan waktu sampling. Fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) pada interval sampling waktu pagi (06:00 - 11:00 WIB) berada pada kisaran nilai konsentrasi 202,37 - 511,65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada hari jumat dan konsentrasi terendah pada hari minggu. Sedangkan pada interval sampling waktu siang (12:00 - 17:00 WIB) juga didapatkan fluktuasi konsentrasi



*Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang berada pada kisaran nilai konsentrasi 286,04 - 626,80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi pada hari rabu dan konsentrasi terendah pada hari jumat. Dan pada interval sampling waktu sore (18:00 - 23:00 WIB) terdapat fluktuasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berada pada kisaran nilai konsentrasi 208,77 - 361,69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada hari rabu dan konsentrasi terendah pada hari minggu. Dari hasil sampling, diperoleh nilai rerata konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berturut-turut, pada pagi hari 403,72  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siang hari 393,45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan sore hari 257,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dari Grafik 4.2, rerata berdasarkan waktu sampling tertinggi mulai dari waktu pagi hari kemudian siang hari sampai terendah di waktu sore hari. Menurut Turyanti, dkk (2006), *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) berfluktuasi tidak beraturan, tetapi secara umum cenderung terjadi peningkatan konsentrasi pada pagi hari. Hal ini diduga terjadi akibat suhu udara dan kecepatan angin yang masih rendah. Suhu udara yang rendah mengakibatkan partikel-partikel di udara cenderung mengendap ke permukaan. Begitu pula dengan kecepatan angin, dimana pada pagi hari relatif masih rendah sehingga partikulat cenderung di permukaan. Semakin siang, suhu udara meningkat, kecepatan angin juga meningkat sehingga memungkinkan partikel terbawa berpindah lokasi atau terangkat ke atas. Hal tersebut sesuai seperti yang diperoleh pada penelitian ini dimana dari data meteorologi diperoleh data nilai suhu udara pada pagi hari berada pada kisaran 30,78 - 31,48  $^{\circ}\text{C}$ , dan pada siang hari suhu udara meningkat menjadi kisaran 31,67 - 35,88  $^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan untuk nilai kecepatan angin pada pagi hari diperoleh berada pada kisaran 0,73 - 0,81 m/s dan meningkat pada siang harinya pada kisaran 0,55 - 1,30 m/s. Dan pada sore hari, setelah terjadi penurunan suhu udara pada kisaran 26,97 - 28,45  $^{\circ}\text{C}$  dan juga penurunan kecepatan angin pada kisaran 0,32 - 0,98 m/s. Hal tersebut diikuti dengan penurunan konsentrasi partikulat yang diperoleh.

Jika ditinjau dari Ambang Batas Udara Ambien (BMUA) nasional menurut PP. RI No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, hasil pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) di lokasi penelitian Jalan Raya ITS menunjukkan hasil bahwa konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) mencapai konsentrasi  $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  yang berarti nilai konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) telah melebihi baku mutu. Dalam PP. RI No. 41 tahun 1999 juga disebutkan bahwa Baku Mutu Udara Ambien (BMUA) nasional merupakan batas maksimum kualitas udara ambien nasional yang diperbolehkan untuk di semua kawasan di seluruh Indonesia.

#### **4.2 Pemetaan Konsentrasi *Particulate Matter* 10 $\mu\text{m}$ ( $\text{PM}_{10}$ ) di Jalan Raya ITS**

Untuk melakukan pemetaan kontur *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) dalam penelitian ini, maka digunakanlah program Surfer 8. Salah satu unsur yang penting pada suatu peta kontur adalah informasi tentang konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) pada suatu lokasi penelitian terhadap rujukan tertentu. Untuk menyajikan variasi konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) suatu tempat pada peta kontur, umumnya digunakan garis kontur (*contour-line*). Garis kontur adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan konsentrasi yang sama. Misalnya garis kontur 340, artinya garis kontur ini menghubungkan titik-titik yang mempunyai konsentrasi sebesar  $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Garis kontur dapat dibentuk dengan membuat proyeksi tegak garis-garis perpotongan bidang mendatar dengan permukaan bumi ke bidang mendatar peta. Karena peta umumnya dibuat dengan skala tertentu, maka bentuk garis kontur ini juga akan mengalami pengecilan sesuai skala peta. Dengan memahami bentuk tampilan garis kontur pada peta, maka dapat diketahui pola yang terbentuk pada permukaan peta (Anonim, 2014).

Interval kontur adalah jarak tegak antara dua garis kontur yang berdekatan. Untuk peta kontur yang dibuat pada penelitian ini, dilakukan penyeragaman jumlah interval kontur yakni pada 9-10 interval pada masing-masing peta agar memudahkan dalam

melakukan interpretasi peta kontur. Selain interval kontur, juga terdapat indeks kontur yaitu garis kontur yang penyajiannya ditonjolkan setiap kelipatan interval kontur tertentu (Anonim, 2014). Pada penelitian ini, indeks kontur yang digunakan pada setiap peta kontur adalah berbeda menyesuaikan hasil pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang diperoleh di tiap harinya. Untuk peta kontur yang dibuat pada penelitian ini, indeks kontur yang digunakan secara berturut-turut adalah indeks kontur 12 pada hari senin; indeks kontur 25 pada hari rabu; indeks kontur 11 pada hari jumat; dan indeks kontur 8 pada hari minggu. Misalnya indeks kontur 12 berarti bahwa peta kontur tersebut dibuat dengan menggunakan kelipatan 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  antar interval konturnya.

Program Surfer 8 memiliki dua buah tampilan, yaitu *Worksheet* dan *Plot Document*. Pada *Worksheet* merupakan ruang untuk meletakkan data-data tabular yang berisi informasi yang dibutuhkan yakni berupa kolom X, Y, dan Z. Data tabular dimaksud adalah data tabular pada kolom X dan Y didapatkan dari hasil pengukuran GPS (*Global Positioning System*) yang diperoleh pada masing-masing sampling dan data tabular pada kolom Z merupakan nilai konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang diperoleh dari hasil pengukuran pada tiap titik sampling di lokasi penelitian. Sedangkan untuk *Plot Document* merupakan ruang untuk membuat peta kontur.

Lokasi penelitian Jalan Raya ITS merupakan jalan raya dengan dua arah yang menghubungkan Kampus ITS ke Mulyosari dan sebaliknya. Setiap titik yang digunakan dalam pengambilan sampel memiliki karakteristiknya masing-masing. Karakteristik titik sampling tersebutlah yang akan membantu dalam penjelasan hasil pemetaan kontur konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Untuk karakteristik lokasi penelitian akan dijabarkan melalui Tabel 4.1 berikut ini:

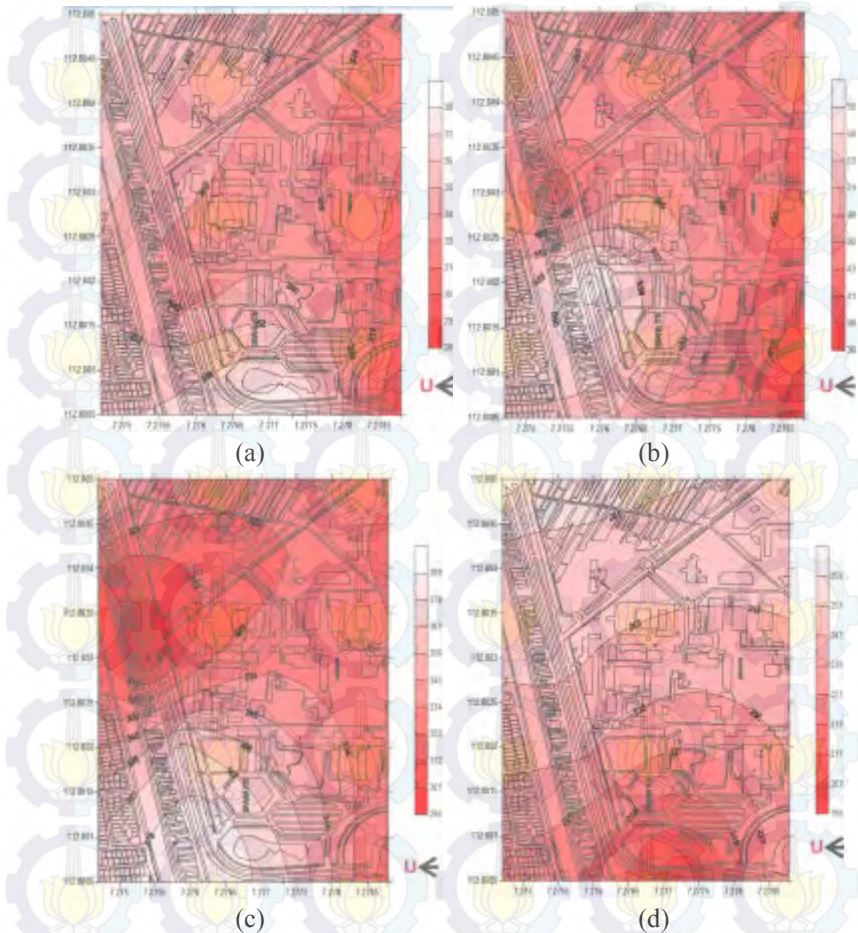


**Tabel 4.1**Karakteristik Titik Sampling

Titik Ke-	Karakteristik
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat di Bundaran ITS yang merupakan pertemuan arus kendaraan yang akan masuk maupun ke luar Kampus ITS</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi kendaraan menuju maupun keluar dari Mulyosari ke Kampus ITS dan Kertajaya</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi putar balik kendaraan yang akan masuk ke dalam kawasan Graha ITS</li> <li>• Lokasi putar balik kendaraan yang akan menuju ke arah Mulyosari</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat di tikungan Jalan Raya ITS</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat putar balik kendaraan yang akan masuk ke Kampus PENS dari arah Bundaran ITS</li> <li>• Lokasi putar balik kendaraan yang keluar dari Kampus PPNS menuju arah Mulyosari</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi putar balik kendaraan dari arah Bundaran ITS yang akan masuk ke dalam Kampus PPNS</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jalur tanpa hambatan dua arah dari dan menuju Bundaran ITS - Mulyosari</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat di Bundaran Mulyosari yang merupakan lokasi pertemuan kendaraan dari arah masuk dan keluar arah Pakuwon City, dan juga kendaraan dari dan menuju Kampus ITS ke Mulyosari</li> </ul>

Pemetaan diartikan sebagai penggambaran secara visual tingkat konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang diperoleh dari setiap titik sampling. Dari data konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) diperoleh 4 buah peta kontur yang diklasifikasikan berdasarkan rerata hari sampling yakni peta

kontur pada hari senin, rabu, jumat dan minggu. Peta kontur yang digunakan pada penelitian ini adalah peta kontur menggunakan gradasi warna merah ke putih, artinya warna merah merupakan konsentrasi tertinggi dan mengarah ke putih pada konsentrasi terendah.



**Gambar 4.2** Peta kontur pola persebaran PM<sub>10</sub> pada hari (a) Senin; (b) Rabu; (c) Jumat; (d) Minggu

Dari gambar diatas terlihat bahwa terdapat pola gradasi yang berbeda yang menunjukkan bahwa pola persebaran  $PM_{10}$  yang berbeda pada tiap hari sampling. Warna putih merupakan warna yang mengindikasikan bahwa titik tersebut berada pada tingkat nilai konsentrasi  $PM_{10}$  tertinggi dan semakin mengarah ke warna merah semakin menunjukkan penurunan nilai konsentrasi  $PM_{10}$ . Untuk konsentrasi tertinggi, pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 2, titik 4, titik 3 dan titik 7. Sedangkan konsentrasi terendah, pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 1, titik 1, titik 5 dan titik 2. Adapun terbentuknya perbedaan pola persebaran *Particulate Matter* 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ) pada tiap titik sampling dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan juga kendaraan bermotor yang melintas sebagai sumber emisi bergerak.

#### 4.3 Kandungan Klorofil, pH Daun, Asam Askorbik, Kadar Air Daun dan Nilai APTI Pada Angsana

Penetapan nilai *Air Pollution Tolerance Index* (APTI) pada tanaman angsana yang diteliti ditentukan dari 4 parameter fisiologis, meliputi kandungan klorofil total (mg/g), pH ekstrak daun, kandungan asam askorbik (mg/g) dan Kadar Air Relatif (KAR) daun (%). Adapun hasil pengamatan parameter fisiologis dan penentuan nilai *Air Pollution Tolerance Index* (APTI) pada tanaman angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) disajikan pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Penentuan nilai APTI pada tanaman angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.)

pH Daun	Parameter Fisiologis Daun			Nilai APTI	Keterangan
	Asam Askorbik (mg/g)	Klorofil Daun (mg/g)	Kadar Air Daun (%)		
5,20	9,35	4,36	66,83	15,62	Hasil penelitian ini Sulistijorini, 2008
5,75	6,62	4,01	71,29	13,59	



Dari Tabel 4.2 diatas didapatkan hasil kandungan klorofil angšana (*Pterocarpus indicus* Willd.) adalah 4,36 mg/g berat bahan. Klorofil merupakan bagian dari daun yang berperan di dalam proses fotosintesis. Kandungan klorofil daun pada tanaman akan menurun jika terjadi stress akibat pencemaran udara. Rusaknya klorofil daun diduga diakibatkan oleh pencemaran udara yang masuk ke dalam jaringan daun dan merusak klorofil. Gas pencemar dapat menyebabkan degradasi klorofil pada Angšana (*Pterocarpus indicus* Willd) (Singh *dkk.*, 1991).

Pada Tabel 4.2 terlihat bahwa kandungan asam askorbik pada daun Angšana (*Pterocarpus indicus* Willd.) adalah sebesar 9,35 mg/g berat bahan. Asam askorbik merupakan reduktor kuat, dalam jumlah tinggi, asam askorbik akan dapat mengakibatkan tanaman toleran terhadap pencemaran udara. Kandungan asam askorbik akan menurun jika terkena bahan pencemar. Dengan demikian, jika tanaman dapat mempertahankan kandungan asam askorbik tetap tinggi dalam kondisi terpolusi maka akan dianggap toleran terhadap bahan pencemar udara. Tanaman yang toleran terhadap polusi udara mengandung lebih banyak asam askorbik dibandingkan tanaman kurang toleran. Asam askorbik dapat meningkatkan rentan toleransi asam melalui stimulasi penimbunan prolin yang berperan penting dalam pengaturan keasaman *cytosolic* (Singh *dkk.*, 1991). Daun hijau mengandung asam askorbik sama banyaknya dengan klorofil. Asam askorbik berperan penting dalam beberapa proses fisiologis tanaman diantaranya adalah pertumbuhan, diferensiasi, dan metabolisme. Selain itu, asam askorbik juga berfungsi sebagai preduktor untuk beberapa radikal bebas sehingga dapat meminimalkan kerusakan yang disebabkan oleh *oxidative stress* (Loewus, 1999).

Kandungan Kadar Air Relatif (KAR) daun pada tanaman Angšana (*Pterocarpus indicus* Willd.) menunjukkan nilai 66,83 %. Kadar air daun berhubungan erat dengan permeabilitas protoplasma (Singh *dkk.*, 1991). Dilaporkan juga bahwa bahan pencemar udara meningkatkan permeabilitas sel, sehingga mengakibatkan kehilangan air dan melarutkan unsur hara dan

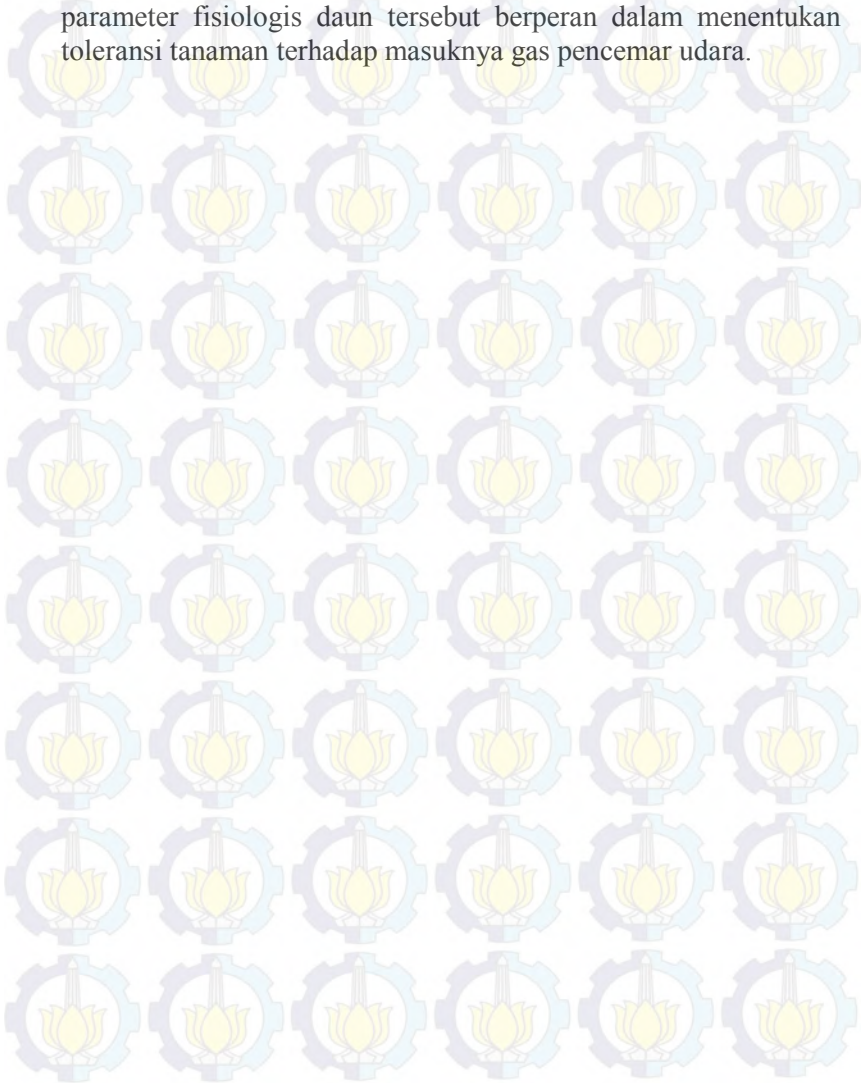
akhirnya daun akan mengalami penuaan dini. Tanaman yang daunnya mengandung kadar air tinggi dibawah kondisi terpolusi dapat menjadi toleran terhadap bahan polutan (Chauhan, 2010).

Pada Tabel 4.2 juga terlihat bahwa pencemaran udara berpengaruh terhadap pH daun, dimana nilai pH daun berada pada nilai 5,2. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya bahan pencemar udara yang bersifat asam. Apabila bahan pencemar udara mengenai dan masuk ke dalam jaringan daun melalui stomata, maka akan berpengaruh terhadap pH daun. Pada tanaman yang sensitif akan terjadi penurunan pH daun yang lebih besar apabila dibandingkan dengan tanaman yang toleran terhadap adanya polutan. Sehingga tanaman yang mempunyai pH daun lebih tinggi pada kondisi terpolusi diduga akan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap bahan pencemar udara (Singh dkk., 1991).

Spesies tanaman angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) yang diamati dalam penelitian ini merupakan jenis tanaman *evergreen*, maka kriteria penilaian yang digunakan adalah kriteria nilai *Air Pollution Tolerance Index* (APTI) untuk tanaman *evergreen* (Sulistijorini, 2009). Tanaman jenis *evergreen* berada dalam rentang angka APTI > 20 termasuk kelompok tanaman yang toleran, rentang nilai APTI 17 - 20 termasuk kelompok tanaman yang cukup toleran, rentang nilai APTI 13 - 16 termasuk kelompok tanaman yang sedang dan nilai APTI < 12 kelompok tanaman yang sensitif terhadap polutan (Singh dkk., 1991).

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa nilai APTI tanaman Angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) menunjukkan nilai sebesar 15,62. Nilai 15,62 menunjukkan bahwa tanaman Angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) berada pada kelompok tanaman yang sedang dalam mentolerir bahan polutan di udara. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sulistijorini dkk. (2008), didapatkan hasil bahwa tanaman Angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) memiliki nilai APTI sebesar 13,59 yang juga termasuk dalam kelompok tanaman yang memiliki kemampuan sedang dalam mentolerir adanya bahan polutan di lingkungan. Nilai APTI ditentukan melalui 4 parameter

fisiologis daun yaitu kandungan klorofil daun, kandungan asam askorbik, nilai pH daun dan kadar air relatif daun. Setiap parameter fisiologis daun tersebut berperan dalam menentukan toleransi tanaman terhadap masuknya gas pencemar udara.





## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian pada wilayah studi dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahwa berdasarkan hari sampling nilai konsentrasi *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) tertinggi pada hari senin dan terendah pada hari minggu. Sedangkan berdasarkan waktu sampling nilai konsentrasi tertinggi pada interval waktu siang dan terendah pada interval waktu sore.
2. Berdasarkan peta kontur didapatkan pola persebaran *Particulate Matter* 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) yang berbeda pada tiap hari sampling dengan konsentrasi tertinggi pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 2, titik 4, titik 3 dan titik 7. Dan konsentrasi terendah pada hari senin, rabu, jumat dan minggu secara berurutan berada di titik 1, titik 1, titik 5 dan titik 2.
3. Nilai APTI (*Air Pollution Tolerance Index*) pada tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd.) berada pada kisaran nilai 15,62 yang termasuk pada kelompok tanaman sedang dalam mentolerir bahan polutan di udara.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran pada penelitian ini adalah perlu dilakukannya pencatatan jumlah kendaraan yang melintas dengan mengklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan dan juga bahan bakar kendaraan yang digunakan. Dan juga dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pengambilan sampel udara pada 5 parameter pencemar udara yaitu  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , dan  $\text{PM}_{10}$  pada wilayah studi agar mengetahui pengaruh pencemar udara secara bersama-sama terhadap respon tanaman peneduh di Jalan Raya ITS.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2013. **Ruang Terbuka Hijau (RTH) Wilayah Perkotaan.**

<<http://www.penataanruang.net/taru/Makalah/051130-rth.pdf>>

[14 Oktober 2013].

Anonim. 2014. **Penggambaran Kontur Dengan Program Surfer.** < <http://www.scribd.com/doc/116673729/Tutorial-Surfer-oleh-Chairul-Syam-kumanz> > [24 Juni 2014].

Adib, A. 2006. Pemetaan Konsentrasi dan Upaya Reduksi Partikulat di Terminal Purabaya Surabaya. **Tugas Akhir.** Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Badan Lingkungan Hidup (BLH). 2011. **Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur.** Surabaya: Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

Banyo, Y. E., Ai, N. S., Siahaan, P., dan Tangapo, A. M. 2013. Kandungan Klorofil Daun Padi Pada Saat Kekurangan Air Yang Diinduksi Dengan Polietilen Glikol. **Jurnal Ilmiah Sains** Volume 13 (1) : 27-35.

Chauhan, A., Joshi, P.C. 2010. Effects Of Ambient Air Pollutants On Wheat And Mustard Crops Growing In The Vicinity Of Urban And Industrial Areas. **New York Science Journal** 3 (2) : 52 -61.

Cooper, C., and Alley, F. C. 1994. **Air Pollution Control, A Design Approach, Second Edition.** Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.

Crawford M. 1980. Air **Pollution Control Quality**. Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.

Dahlan, E. N. 1995. The Effects of Agricultural Pollutants Released by Car on Plants Leaves. **Final Report for OSAKA GAS Foundation**. Bogor Agricultural University.

Elena, M. R., Althea, D. P., Kristin, D., Glenn, S. S., and Maria, L. S. S. 2013. Air Pollution Tolerance Index of Trees in Selected Areas in The Philippines. **Journal of Applied Phytotechnology in Environmental Sanitation** Vol. 3 (1) : 17-22.

Estiti, B. H. 1995. **Anatomi Tumbuhan Berbiji**. Bandung: ITB Press

Fahn, A. 1991. **Anatomi Tumbuhan**. Yogyakarta. UGM Press.

Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Yogyakarta: Kanisius.

Hesaki, S. T. 2004. Kandungan Debu Semen yang Terjerap dan Terserap pada Beberapa Jenis Tanaman (Studi Kasus di PT. Semen Baturaja Oku, Sumatera Selatan). **Skripsi**. Bogor: Departemen Sumberdaya Konservasi Hutan, Institut Pertanian Bogor.

Loewus, F. A. 1999. Biosynthesis And Metabolism Of Ascorbic Acid In Plants. **Journal Of Phytochemistry** 52 : 193-210.

Meitiyani. 2003. Klorofil Daun Angsana dan Mahoni Sebagai Bioindikator Pencemaran Sulfur Dioksida dan Nitrogen Dioksida di Kota Medan. **Tesis**. Program Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Universitas Sumatera Utara.



Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur Nomor 128 Tahun 1997 Tentang Baku Mutu Cara Pengambilan Contoh Udara.

Koren. 2003. **Handbook of Environmental Health Volume 2: Pollutant Interactions in Air, Soil and Water**. Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.

Laenge, I., Langi, M. A., Saroinsong, F. B., dan Singgano, J. 2012. Pendugaan Biomassa Tanaman Penghijauan Angsana (*Pterocarpus indicus*) Di Jalan Sam Ratulangi dan Jalan Toar Manado. **Jurnal Program Studi Ilmu Kehutanan**. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

Liu, D. H. F., and Liptak, B. G., 2000.. **Air Pollution**. Dalam: Huboyo, H. S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.

Liu, Y. J., and Ding, H. 2007. Variation In Air Pollution Tolerance Index Of Plants Near A Steel Factory: Implications For Landscape-Plant Species Selection For Industrial Areas. *Journal Of Environment And Development*. China: Beijing Centre For Physical And Chemical Analysis.

Lerman, S.L., and Darley, E.F. 1975. Particulates on Responses of Plant to Air Pollution. Dalam: Kumar, S. R. Thambavani, S. D. 2012. India: College of Engineering and Technology.

Martuti, N. K. T. 2013. Peranan Tanaman Terhadap Pencemaran Udara Di Jalan Protokol Kota Semarang. **Jurnal Biosaintifika**.

Nevers, N.D. 2000. **Air Pollution Control Engineering**. Dalam: Huboyo. H.S., dan Budihardjo, M. A. Semarang: Universitas Diponegoro.

Novontny, V., and Chesters, G. 1981. **Handbook of Nonpoint Pollution : Sources and Management**. Dalam Huboyo. H.S., dan Budihardjo, M. A. 2008. Semarang: Universitas Diponegoro.

Nugrahani, P. dan Sukartiningrum. 2008. Indeks Toleransi Polusi Udara (APTI) Tanaman Taman Median Jalan Kota Surabaya. **Jurnal Pertanian Mapeta** Volume 2 Nomor 2 April 2008.

Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Prasasti, S.I., Razif, M. 2006. Pemetaan Tingkat Konsentrasi Partikulat Akibat Aktivitas Transportasi Di Wilayah Surabaya Pusat. **Tugas Akhir**. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Samsuedin, Ismayadi. 2010. Tingkat Toleransi Jenis-Jenis Pohon Sebagai Penyerap Dan Penjerap Polutan Timbal (Pb) dan Cd Di Berbagai Tipe Curah Hujan. **Laporan Hasil Penelitian Program Intensif Peningkatan Kemampuan Peneliti Dan Perekayasa, Kementerian Riset Dan Teknologi**. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Singh, S. K., Rao D. N., Agrawal, M., Pandey J., and Narayan. 1991. Air Pollution Index of Plant. **Journal Of Environment Management** 32: 45-55.

Sukarsono. 1998. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Tumbuhan di Kebun Raya Bogor. **Tesis**. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Sulistijorini, Mas'ud, Z.A., Nasrullah, N., Bey, A., and Tjitrosemito, S. Tolerance Level Of Roadside Trees To Air Pollutants Based On Relative Growth Rate And Air Pollution Tolerance Index. **Journal Of Biosciences** 15: 123-129

Sulistijorini. 2009. Keefektifan Dan Toleransi Jenis Tanaman Jalur Hijau Jalan Dalam Mereduksi Pencemar NO<sub>2</sub> Akibat Aktivitas Transportasi. **Disertasi**. Bogor: Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.

Suparwoko, dan Firdaus, F. 2007. Profil Pencemaran Udara Kawasan Perkotaan Yogyakarta: Studi Kasus di Kawasan Malioboro, Kridosono dan UGM Yogyakarta. **Jurnal LOGIKA** Volume 4 Nomor 2.

Syam, C. 2013. Penggambaran Kontur Dengan Program Surfer. Laboratorium Ukur Tanah

Taihuttu. H. N., 2004. Studi Kemampuan Tanaman Jalur Hijau Jalan Sebagai Penjerap Partikulat Hasil Emisi Kendaraan Bermotor. **Tesis**. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Turyanti, A., Santikayasa, I.P. 2006. Analisis Pola Unsur Meteorologi Dan Konsentrasi Polutan Di Udara Ambien Studi Kasus : Jakarta Dan Bandung. **Jurnal Agromet Indonesia**. 20 (2): 25-37.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2004. **Quality Assurance Handbook For Air Pollution Measurement System Volume II: Ambient Air Quality Monitoring Program**. USA: Office Of Air Quality Planning and Standards.

Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.



## Lampiran 1: Hasil Perhitungan Data

Hari, Tanggal : Senin, 10 Februari 2014

Interval Waktu : Pagi

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ ( $^{\circ}K$ )	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	62,1	0,93	16,3591	0,7191	0,7257	0,0066	764,3	302,42	403,44
2	62,7	0,3	16,3067	0,7284	0,7375	0,0091	763,87	303,22	558,05
3	61	0,7	16,2848	0,7137	0,7212	0,0075	763,17	303,35	460,55
4	62,1	1,43	16,2302	0,7131	0,7193	0,0062	763,37	304,45	382,01
5	60,87	1,17	16,2670	0,7196	0,7265	0,0069	764,27	304,12	424,17
6	59,13	0,73	16,2260	0,7048	0,7131	0,0083	763,5	304,58	511,52
7	58,93	1,43	16,2026	0,7191	0,7261	0,0070	764,4	305,38	432,03
Rerata	60,97	0,75						303,93	453,11

## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Senin, 10 Februari 2014

Interval Waktu : Siang

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ ( $^{\circ}K$ )	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	52,93	2,17	16,0121	0,7389	0,7421	0,0032	763,5	308,65	199,84
2	51,07	1,53	15,9918	0,7269	0,7325	0,0056	763,77	309,15	350,18
3	49,8	1,1	15,9826	0,7244	0,7315	0,0071	764,07	309,45	444,23
4	50,77	1,3	15,9813	0,7231	0,7295	0,0064	764,5	309,65	400,47
5	50,53	1,53	16,0259	0,7248	0,7304	0,0056	764,9	308,95	349,43
6	50,9	1,2	16,0721	0,7351	0,7407	0,0056	764,2	307,78	348,43
7	50,1	1,5	16,0602	0,7282	0,7362	0,0080	764,8	308,25	498,13
Rerata	50,87	1,26						308,84	370,10



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Senin, 10 Februari 2014

Interval Waktu : Sore

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ ( $^{\circ}K$ )	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	67,07	0,4	16,4264	0,7528	0,7569	0,0041	763,03	300,68	249,60
2	65,27	0,33	16,4449	0,7511	0,7554	0,0043	763,23	300,42	261,48
3	65,8	0,37	16,4715	0,7428	0,7461	0,0033	763,27	299,95	200,34
4	65,5	0,4	16,4637	0,7451	0,7485	0,0034	763,67	300,25	206,51
5	66,83	0,2	16,4881	0,7446	0,7491	0,0045	764,37	300,08	272,92
6	68,47	0,57	16,5073	0,7335	0,7369	0,0034	763,83	299,52	205,97
7	71,4	0,5	16,4961	0,7331	0,7362	0,0031	764,33	299,92	187,92
Rerata	67,19	0,32						300,11	226,39



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Rabu, 5 Februari 2014

Interval Waktu : Pagi

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ (m <sup>3</sup> )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi	
									PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
1	64,1	1,5	16,2645	0,7211	0,7273	0,0062	763,4	303,82	381,20	
2	63	0,53	16,3412	0,7244	0,7323	0,0079	763,97	302,62	483,44	
3	64,1	0,73	16,2944	0,7328	0,7392	0,0064	764,3	303,62	392,77	
4	62,13	1,07	16,1963	0,7297	0,7393	0,0096	764,2	305,42	592,73	
5	61,27	1,23	16,1725	0,7081	0,7141	0,006	764,73	306,08	371	
6	59,77	1,07	16,1967	0,7148	0,7235	0,0087	764,37	305,48	537,15	
7	60,1	1,13	16,22282	0,719	0,7251	0,0061	764,2	304,92	376,01	
Rerata	62,07	0,73						304,56	447,76	

## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Rabu, 5 Februari 2014

Interval Waktu : Siang

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ ( $^{\circ}K$ )	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	55,13	2,1	16,0569	0,7317	0,7394	0,0077	763,23	307,68	479,54
2	51,3	1,67	16,0282	0,7233	0,7327	0,0094	763,03	308,15	586,47
3	49,4	1,27	15,9574	0,7253	0,7381	0,0128	764,27	310,02	802,13
4	48,43	0,63	16,0252	0,7211	0,7353	0,0142	763,63	308,45	886,10
5	51,73	2,07	15,9813	0,7245	0,7311	0,0066	764,33	309,58	412,98
6	48,73	1,4	15,9337	0,7366	0,7454	0,0088	763,7	310,25	552,29
7	49,73	1,5	16,0156	0,7417	0,7524	0,0107	764,73	309,08	668,1
Rerata	50,63	1,3						309,03	626,8



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Rabu, 5 Februari 2014

Interval Waktu : Sore

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec, Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	71,67	1,70	16,3937	0,7166	0,7204	0,0038	763,03	301,28	231,80
2	73,07	1,53	16,3849	0,7104	0,7149	0,0045	763,23	301,52	274,64
3	73,17	0,70	16,3608	0,7125	0,7185	0,006	763,27	301,98	366,73
4	73,13	0,83	16,3911	0,7188	0,7241	0,0053	763,67	301,58	323,35
5	73,27	0,33	16,4132	0,7139	0,7214	0,0075	764,37	301,45	456,95
6	73,63	0,90	16,3690	0,7132	0,7203	0,0071	763,83	302,05	433,74
7	73,23	0,50	16,4178	0,7154	0,7227	0,0073	764,33	301,35	444,64
Rerata	73,02	0,85						301,6	361,69



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Jumat, 7 Februari 2014

Interval Waktu : Pagi

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ ( $^{\circ}K$ )	Konsentrasi
									$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	62,8	1,53	16,3249	0,7067	0,7128	0,0061	763,03	302,55	373,66
2	63,23	0,37	16,2272	0,7172	0,7268	0,0096	763,23	304,45	591,60
3	62,77	0,93	16,2334	0,7109	0,7184	0,0075	763,27	304,35	462,01
4	60,9	0,5	16,2403	0,7058	0,7148	0,009	763,67	304,38	554,18
5	61,37	1,17	16,2142	0,7181	0,7259	0,0078	764,37	305,15	481,06
6	61,6	0,73	16,1709	0,7062	0,7145	0,0083	763,83	305,75	513,277
7	58,77	1,43	16,1778	0,7211	0,7309	0,0098	764,33	305,82	605,77
Rerata	61,63	0,75						304,63	511,65

## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Jumat, 7 Februari 2014

Interval Waktu : Siang

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec, Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	56,73	0,63	16,1162	0,7261	0,7317	0,0056	764,23	306,95	347,48
2	56,87	0,30	16,0340	0,7191	0,7241	0,005	763,73	308,32	311,84
3	56,7	0,97	16,0893	0,7227	0,7302	0,0075	764,77	307,68	466,15
4	57,23	0,50	16,0651	0,7287	0,7339	0,0052	763,97	307,82	323,68
5	64,33	0,50	16,4351	0,7033	0,7062	0,0029	764,63	301,15	176,45
6	64	1,00	16,4707	0,7311	0,7341	0,003	765,7	300,92	182,14
7	63,1	1,20	16,4491	0,7191	0,7223	0,0032	764,77	300,95	194,54
Rerata	59,85	0,56						304,83	286,04



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Jumat, 7 Februari 2014

Interval Waktu : Sore

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec, Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	72,87	0,97	16,4373	0,7185	0,7223	0,0038	763,03	300,48	231,18
2	73,77	1,33	16,4285	0,7145	0,7179	0,0034	763,23	300,72	206,68
3	72,87	1,17	16,3988	0,7164	0,7203	0,0039	763,27	301,28	237,82
4	73,43	0,93	16,3944	0,7134	0,7172	0,0038	763,67	301,52	231,79
5	73,67	1,07	16,4132	0,7175	0,7211	0,0036	764,37	301,45	219,33
6	72,33	1,37	16,4414	0,7149	0,7186	0,0037	763,83	300,72	225,03
7	72,03	0,67	16,4451	0,7183	0,7227	0,0044	764,33	300,85	267,56
Rerata	73	0,98						300,94	231,34



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Minggu, 9 Februari 2014

Interval Waktu : Pagi

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec. Angin (m/s)	$V_2$ (m <sup>3</sup> )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi	
									PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	
1	62,43	1,03	16,3646	0,7128	0,7154	0,0026	764,13	302,25	158,88	
2	61,37	0,77	16,2815	0,7135	0,7165	0,003	763,77	303,65	184,26	
3	60,4	0,9	16,2880	0,7157	0,7189	0,0032	763,57	303,45	196,46	
4	60,37	1,5	16,2371	0,7059	0,7093	0,0034	764,27	304,68	209,40	
5	60,13	0,7	16,2004	0,7126	0,7161	0,0035	763,97	305,25	216,04	
6	58,63	0,8	16,1792	0,7136	0,7169	0,0033	764,47	305,85	203,96	
7	58,9	0,63	16,1545	0,7126	0,7166	0,004	763,73	306,02	247,61	
Rerata	60,32	0,81						304,45	202,37	

## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Minggu, 9 Februari 2014

Interval Waktu : Siang

Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec, Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi
									$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	57,00	0,6	16,0654	0,7193	0,7248	0,0055	764,13	307,88	342,35
2	58,33	2,17	16,0177	0,7352	0,7386	0,0034	763,77	308,65	212,26
3	58,77	1,4	16,0515	0,7351	0,7392	0,0041	763,57	307,92	255,43
4	56,33	1,27	15,9816	0,7161	0,7206	0,0045	764,27	309,55	281,57
5	60,03	1	15,9841	0,7342	0,7391	0,0049	763,97	309,38	306,55
6	58,70	0,77	16,0065	0,7235	0,7287	0,0052	764,47	309,15	324,87
7	57,43	1,17	15,9703	0,7311	0,7361	0,005	763,73	309,55	313,08
Rerata	58,08	1,03						308,87	290,87



## Lampiran 1: Lanjutan

Hari, Tanggal : Minggu, 9 Februari 2014

Interval Waktu : Sore

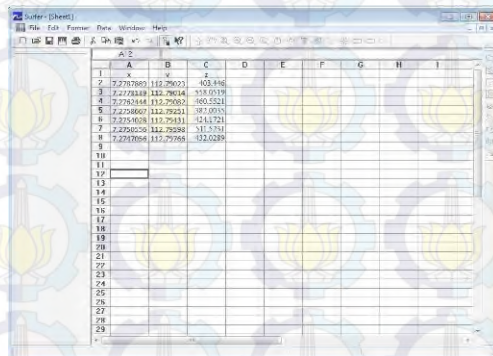
Titik Ke-	Kel. Udara (%)	Kec, Angin (m/s)	$V_2$ ( $m^3$ )	$W_o$ (g)	$W_t$ (g)	$W_t - W_o$ (g)	$P_1$ (mmHg)	$T_1$ (°K)	Konsentrasi
									$PM_{10}$ ( $\mu g/m^3$ )
1	72,17	0,8	16,4373	0,7311	0,7345	0,0034	763,03	300,48	206,85
2	72,63	1	16,4285	0,7122	0,7153	0,0031	763,23	300,72	188,70
3	72,80	0,73	16,3988	0,7153	0,7186	0,0033	763,27	301,28	201,23
4	71,87	0,5	16,3944	0,7215	0,7251	0,0036	763,67	301,52	219,59
5	73,13	0,7	16,4132	0,7156	0,7191	0,0035	764,37	301,45	213,24
6	72,87	1	16,4414	0,7173	0,7207	0,0034	763,83	300,72	206,79
7	71,50	0,8	16,4451	0,7169	0,7206	0,0037	764,33	300,85	224,99
Rerata	72,42	0,67						301	208,77



## Lampiran 2: Tutorial Program Surfer 8

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pembuatan peta kontur dengan menggunakan Program Surfer 8 adalah:

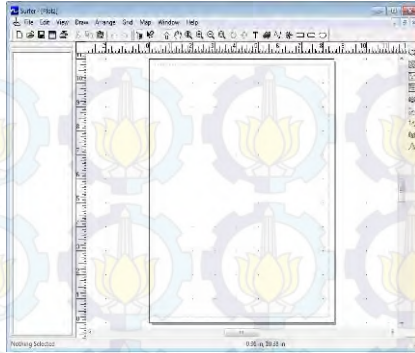
1. Sebelumnya masukkanlah data tabular ke dalam *worksheet*, dengan cara klik *File* pada main menu, pilihlah *New* kemudian *Worksheet* dan klik *Ok*. Isilah *worksheet* tersebut dengan data tabular dimaksud adalah X dan Y didapatkan dari hasil pengukuran GPS (*Global Positioning System*) dan Z untuk nilai konsentrasi polutan yang dimaksud.



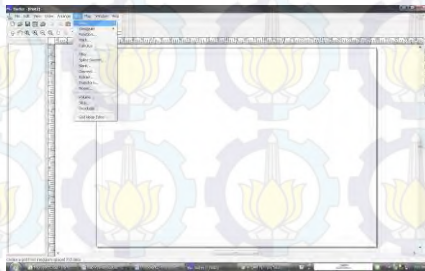
The screenshot shows the Surfer 8 software interface with a worksheet open. The worksheet contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	X	Y	Z						
2	2.278780	112.75023	403.446						
3	2.277818	112.75014	358.0379						
4	2.279344	112.75020	400.5231						
5	2.278867	112.75021	397.0933						
6	2.279408	112.75031	414.1231						
7	2.278228	112.75086	311.5731						
8	2.278766	112.75765	332.0289						
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									

2. Kemudian kembali ke menu *File* pada main menu, pilihlah *New* kemudian *Plot Document* dan klik *Ok*.



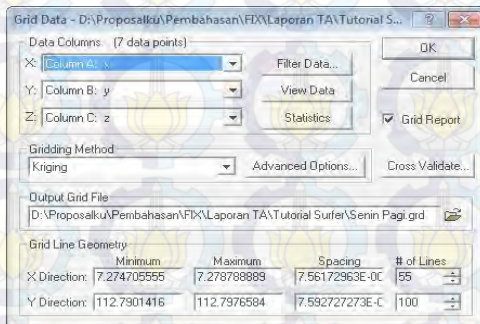
3. Memilih *grid* pada main menu, pada barisan pilihan grid pilihlah *data*.



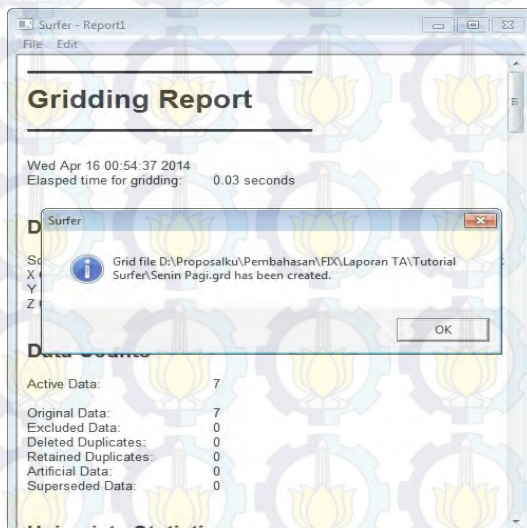
4. Masukkan *file* data kontur yang akan dibuat dan klik *open*.



5. Selanjutnya akan muncul tampilan dialog *scattered data interpolation*, yaitu menu yang memberikan pilihan metode interpolasi yang ingin digunakan. Kemudian memilih *Gridding Method* yaitu *Kriging* dan klik *ok*.

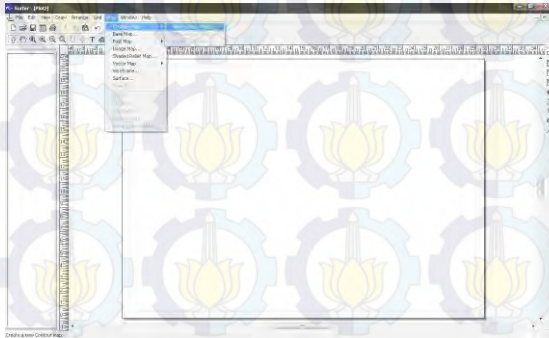


6. Dan tunggu sampai proses *Kriging* selesai bekerja.

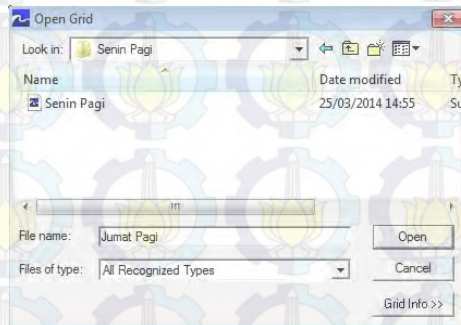




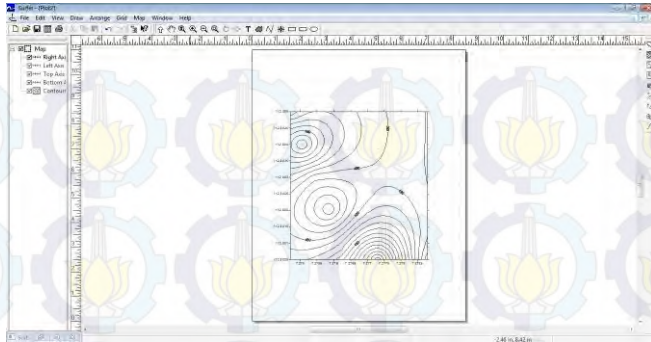
7. Pada tahapan selanjutnya pilih *map* pada main menu, pada baris pilihan map pilihlah *contour map* kemudian pilihlah *new contour map*.



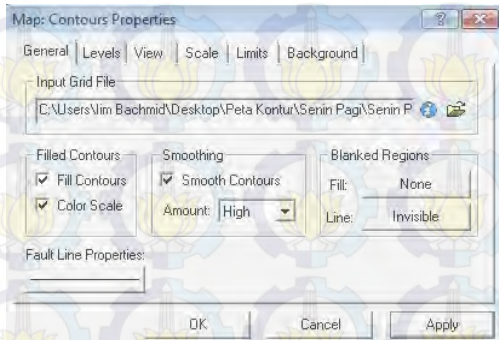
8. Akan tampil dialog yang mewajibkan memasukkan file yang berformat *grid*, kemudian klik *open*.



9. Selanjutnya maka akan keluar peta kontur.

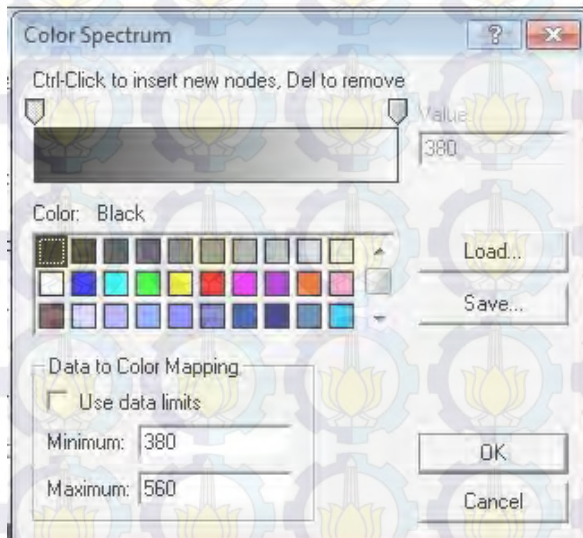
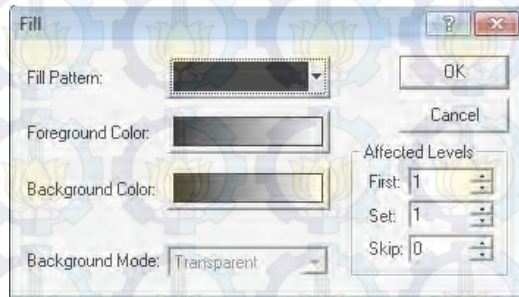


10. Berikutnya akan masuk pada tahapan *layouting* yakni dengan melakukan *double click* pada peta kontur. Maka akan muncul menu dialog *map : contours properties*. Pada tab *General*, kliklah pada kolom *Fill Countours*, *Color Scale*, *Smooth Counturs* serta merubah *Amount* pada level *High*.



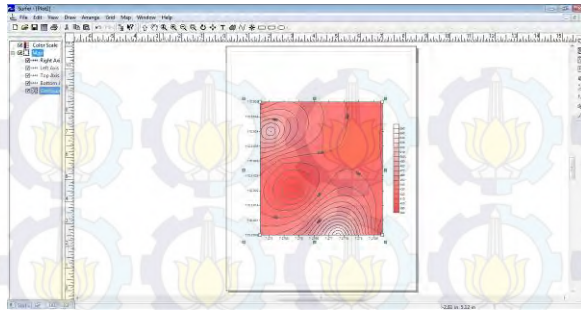
11. Masih pada menu dialog *map : contours properties*. Pada tab *Level*, kliklah pada tab *Fill* maka akan muncul kotak dialog *Fill* dan pilihlah kolom *Foreground Color*. Selanjutnya akan muncul kotak dialog *Color Spectrum*, dan kliklah *Ok*. Pada kotak dialog ini pilihlah warna gradasi yang akan digunakan pada peta kontur, dan pada

contoh peta kontur yang dibuat pada gambar dibawah menggunakan gradasi warna merah.

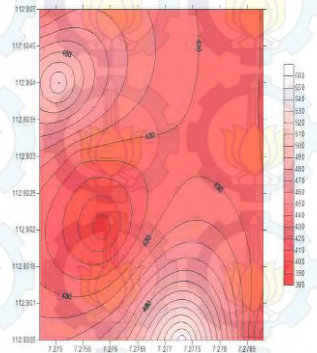


12. Berikut contoh peta kontur dengan menggunakan Program Surfer 8.





12. Untuk menyimpan peta kontur dalam *file* berekstensi *.jpg* maka kliklah *File* pada main menu dan pilihlah *Export*, maka akan muncul kotak dialog *Export*. Pada kotak dialog terdapat kolom *File name* diisi dengan nama peta kontur yang diinginkan dan pada kolom *Save as type* carilah *file format JPEG Compressed Bitmap (\*.jpg)* dan kliklah *Save*, dan *file* dapat disimpan dilokasi yang diinginkan.



### Lampiran 3: Rerata Faktor Meteorologi

Faktor Meteorologi	Titik Sampling						
	1	2	3	4	5	6	7
	Senin						
Kec. Angin (m/s)	1,17	0,72	0,72	1,04	0,97	0,83	1,14
Suhu Udara (°K)	303,92	304,26	304,25	304,78	304,38	303,96	304,52
Kel. Udara (%)	60,7	59,68	58,87	59,46	59,41	59,5	60,14
	Rabu						
Kec. Angin (m/s)	1,43	1,24	0,90	0,84	1,21	1,12	1,04
Suhu Udara (°K)	304,26	304,10	305,21	305,15	305,70	305,93	305,12
Kel. Udara (%)	63,63	62,46	62,22	61,23	62,09	60,71	61,02
	Jumat						
Kec. Angin (m/s)	1,04	0,67	1,02	0,64	0,91	1,03	1,10
Suhu Udara (°K)	303,33	304,36	304,44	304,57	302,58	302,46	302,54
Kel. Udara (%)	64,13	64,62	64,11	63,85	66,46	65,98	64,63
	Minggu						
Kec. Angin (m/s)	0,81	1,31	1,01	1,09	0,80	0,86	0,87
Suhu Udara (°K)	303,54	304,34	304,27	305,25	305,36	305,24	305,47
Kel. Udara (%)	63,87	64,11	63,99	62,86	64,43	63,40	62,61

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Palu, Sulawesi Tengah pada tanggal 7 Januari 1990. Memulai pendidikan di TK Alkhairaat Palu pada tahun 1994. Pada tahun 1995, penulis melanjutkan ke tingkat dasar di SDN 4 Palu Barat. Pada tahun 2001, penulis melanjutkan ke jenjang menengah pertama di MTs Alkhairaat Pusat Palu dan dilanjutkan dengan menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di MA Alkhairaat Pusat Palu pada tahun 2007. Penulis diterima di ITS melalui jalur beasiswa oleh Kementerian Agama (KEMENAG) RI dan dinyatakan lolos sebagai salah satu Penerima Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) di Jurusan Biologi FMIPA ITS Surabaya.

Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Tengah dengan judul “Pemantauan Terumbu Karang Buatan (*Artificial Reef*) Fish Home Dengan Metode *Ultra Visual Census* (UVC) Di Perairan Teluk Tomini, Kabupaten Parigi Moutong, Sulawesi Tengah” dibawah bimbingan Ibu Dra. Dian Saptarini, M.Sc. Selama di bangku kuliah, laki-laki yang memiliki hobi bermain futsal dan *travelling* ini aktif dalam organisasi kemahasiswaan di ITS. Penulis pernah diamanahi sebagai Menteri Dalam Negeri BEM FMIPA ITS. Penulis juga aktif dalam berbagai *event* di luar kampus, diantaranya yakni *Young Leader Summit* (YLS) on *Changing Indonesia* 2011 di Bogor, sebagai observer Sulawesi Tengah untuk *Indonesian Young Changemakers Summit* (IYCS) 2012 di Bandung, sebagai semifinalis *Best Social Project Indonesia Leadership Camp* (ILC) 2012 di Universitas Indonesia, dan juga sebagai peserta terpilih untuk delegasi Indonesia ASEAN *Youth Camp* (AYC) 2013 di Bangkok, Thailand.