TUGAS AKHIR – RE 184804

KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI WARU, SIDOARJO

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR – RE 184804

KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI WARU, SIDOARJO

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

FINAL PROJECT – RE 184804

STUDY OF METAL EXPOSURE TO WORKERS AROUND WARU INDUSTRIAL AREA, SIDOARJO

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

SUPERVISOR
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI WARU, SIDOARJO

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memenuhi Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
AHMAD GHOZI AL AMMAR
NRP. 03211540000098

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 19820119 200501 1 001

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

SURABAYA
JULI 2019

KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI WARU, SIDOARJO

Nama Mahasiswa	: Ahmad Ghozi Al Ammar
NRP	: 03211540000098
Departemen	: Teknik Lingkungan ITS
Dosen Pembimbing	: Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.

ABSTRAK

Pencemaran udara adalah masuknya polutan kedalam atmosfer (ambien) dalam jumlah tertentu yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas udara. Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara adalah tingginya kandungan *particulate matter.* Kemajuan sektor industri di kawasan Industri Waru, Sidoarjo terbilang cukup pesat. Hal ini dapat meningkatkan konsentrasi *particulate matter* di kawasan industri tersebut, yang menyebabkan pekerja berpotensi terpapar partikulat yang mengandung logam dengan konsentrasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik paparan logam berat terhadap pekerja dan menentukan lokasi sumber pencemar berdasarkan arah dan kecepatan angin di kawasan Industri Waru, Sidoarjo.

Pada penelitian ini pengambilan sampel partikulat menggunakan *personal dust sampler* dengan laju alir 1 lt/menit. Kertas filter yang yang digunakan adalah *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan ukuran pori 5,0 µm dan diameter 37 mm. Konsentrasi partikulat terespirasi pada siang hari sebesar 3,024 mg/m^3 dan konsentrasi partikulat terespirasi pada malam hari sebesar 3,571 mg/m^3. Unsur-unsur kimia yang teridentifikasi diantaranya adalah Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Vanadium (V), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Timbal (Pb) dan Arsen (As).

Nilai konsentrasi rata-rata unsur pada responden siang hari sebesar S (5061,557 ng/m^3), K (612,529 ng/m^3), Ca (4723,916 ng/m^3), V (397,406 ng/m^3), Mn (171,433 ng/m^3), Fe (4699,750 ng/m^3), Ni (36,676 ng/m^3), Zn (404,712 ng/m^3), Pb (233,403

ng/m^3), As (140,098 ng/m^3). Sedangkan nilai konsentrasi rata-rata unsur pada responden malam hari sebesar S (3088,877 ng/m^3), K (774,869 ng/m^3), Ca (4354,877 ng/m^3), V (312,626 ng/m^3), Mn (118,245 ng/m^3), Fe (3038,713 ng/m^3), Co (3,349 ng/m^3), Ni (37,814 ng/m^3), Cu (90,079 ng/m^3), Zn (372,210 ng/m^3), Pb (333,412 ng/m^3), As (202,677 ng/m^3).

Hasil penelitian ini menunjukan bahwa nilai konsentrasi rata-rata partikulat terespirasi yang dihirup oleh pekerja malam hari di kawasan Industri Waru, Sidoarjo relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pekerja siang hari dilokasi yang sama. Sedangkan konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam partikulat terespirasi pada siang hari relatif lebih tinggi dibandingkan dengan malam hari.

Kata kunci : Karakterisasi unsur kimia, *particulate matter*, pencemaran udara, *personal dust sampler,* XRF

STUDY OF METAL EXPOSURE TO WORKERS AROUND WARU INDUSTRIAL AREA, SIDOARJO

Name	: Ahmad Ghozi Al Ammar
Register Number	: 03211540000098
Department	: Environmental Engineering
Supervisor	: Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.

ABSTRACT

Air pollution is the entry of pollutants into the atmosphere (ambient) in a certain amount which can cause a decrease in air quality. One factor that causes air pollution is the high content of particulate matter. The progress of the industrial sector in the Waru Industrial Area, Sidoarjo is quite rapid. This can increase particulate matter concentration in the industrial area, which causes workers to be potentially exposed to particulates containing metals with high concentrations. This study aims to determine the characteristics of heavy metal exposure to workers and determine the location of pollutant sources based on wind direction and speed in the Waru Industrial area, Sidoarjo.

In this study particulate sampling using a personal dust sampler with a flow rate of 1 lt/minute. The filter paper used is Polyvinyl Chloride (PVC) with a pore size of 5.0 µm and a diameter of 37 mm. The concentrations of respired particulates during the day were 3.024 mg/m^3 and at night concentrations of respired particulates were 3.571 mg/m^3. The chemical elements identified include Sulfur (S), Potassium (K), Calcium (Ca), Vanadium (V), Manganese (Mn), Iron (Fe), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Copper (Cu), Zinc (Zn), Lead (Pb) and Arsenic (As). The value of the average element concentration in the morning respondents was S (5061,557 ng/m^3), K (612,529 ng/m^3), Ca (4723,916 ng/m^3), V (397,406 ng/m^3), Mn (171,433 ng/m^3), Fe (4699,750 ng/m^3), Ni (36,676 ng/m^3), Zn (404,712 ng/m^3), Pb (233,403 ng/m^3), As (140,098 ng/m^3). While the value of the average element concentration at night respondents was S (3088,877 ng/m^3), K (774,869 ng/m^3), Ca (4354,877 ng/m^3), V (312,626 ng/m^3), Mn

(118,245 ng/m^3), Fe (3038,713 ng/m^3), Co (3,349 ng/m^3), Ni (37,814 ng/m^3), Cu (90,079 ng/m^3), Zn (372,210 ng/m^3), Pb (333,412 ng/m^3), As (202,677 ng/m^3).

The results of this study indicate that the average concentration value of respired particulates inhaled by night workers in the Waru Industrial Estate, Sidoarjo is relatively higher compared to morning workers in the same location. While the concentration of the elements contained in respired particulates in the morning is actually higher than at night.

Keywords: Air pollution, characterization of chemical elements, particulate matter, personal dust sampler, XRF.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Kajian Paparan Logam Terhadap Pekerja Di Sekitar Kawasan Industri Waru, Sidoarjo”. Atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM. selaku dosen pembimbing dan Ibu Prof. Dr. Muhayatun Santoso, MT. selaku dosen co-pembimbing tugas akhir, terima kasih atas arahan, bimbingan, ilmu, kesabaran dan motivasi yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S., M.T., Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, MT., dan Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku dosen pengarah, terima kasih atas arahan, kritik dan saran yang telah diberikan.
3. Bapak Affan selaku laboran yang senantiasa membantu selama di Laboratorium.
4. Staff Pusat Teknologi Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN).
5. Orang tua, saudara dan keluarga besar penulis atas segala dukungan do’a dan materi yang telah diberikan hingga kini.
6. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Lingkungan ITS atas dukungan dan motivasi yang telah diberikan selama ini.

Penulis menyadari ada banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun sehingga penulis dapat menjadi lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca. Aamiin.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

ABSTRAK .... **i**
ABSTRACT .... **iii**
KATA PENGANTAR .... **v**
DAFTAR ISI .... **vii**
DAFTAR GAMBAR .... **xi**
DAFTAR TABEL .... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Ruang Lingkup 3
1.5 Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Pencemaran Udara 5
2.2 Sumber Pencemaran Udara 6
2.3 *Particulate Matter* (PM) 7
2.4 Sumber Partikulat 8
2.5 Proses Pembentukan Partikulat 10
2.6 Komposisi *Particulate Matter (PM)* 10
2.7 Ukuran dan Dampak *Particulate Matter* (PM) Terhadap Kesehatan 13
2.8 Baku Mutu Kualitas Udara 15
2.9 Debu Terespirasi 18
2.10 Spektroskopi X-ray Fluorescence (XRF) 18
2.11 Gambaran Umum Wilayah Studi 20

BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1 Deskripsi Umum 23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 23
3.3 Target Luaran 23
3.4 Kerangka Penelitian...23
3.5 Ide Penelitian 26
3.6 Studi Literatur 26
3.7 Perizinan 26
3.8 Survei Lapangan...26
3.9 Penentuan Titik Lokasi Pengambilan Sampel...................27
3.10 Kondisi Meteorologi di Lokasi Pengambilan Sampel 29
3.11 Pengumpulan Data 31
3.11.1 Pengumpulan Data Primer 31
3.11.2 Pengumpulan Data Sekunder 34
3.12 Analisis dan Pembahasan 34
3.12.1 Analisis Konsentrasi Partikulat 34
3.12.2 Analisis Karakteristik Partikulat 35
3.12.3 Analisis Sumber Pencemar Partikulat 35
3.13 Kesimpulan dan Saran 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Analisis Konsentrasi Partikulat 37
4.2 Analisis Unsur-Unsur Partikulat..44
4.3 Analisis Sumber Pencemar Partikulat 51
4.3.1 Analisis Unsur Sulfur (S)..52
4.3.2 Analisis Unsur Kalium (K) 54
4.3.3 Analisis Unsur Kalsium (Ca).......................................57
4.3.4 Analisis Unsur Vanadium (V)......................................60

4.3.5 Analisis Unsur Mangan (Mn) 62
4.3.6 Analisis Unsur Besi (Fe) 64
4.3.7 Analisis Unsur Kobalt (Co) 67
4.3.8 Analisis Unsur Nikel (Ni) 69
4.3.9 Analisis Unsur Tembaga (Cu) 72
4.3.10 Analisis Unsur Seng (Zn) 73
4.3.11 Analisis Unsur Timbal (Pb) 75
4.3.12 Analisis Unsur Arsen (As) 78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 81
5.1 Kesimpulan 81
5.2 Saran 81
DAFTAR PUSTAKA 83
LAMPIRAN 91
BIOGRAFI PENULIS 145

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *XRF Spectrometer Epsilon5 PANalytical* 20
Gambar 2.2 Peta Wilayah Kecamatan Waru 21
Gambar 3.1 Diagram Kerangka Pelaksanaan Penelitian 25
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi Debu Terespirasi 27
Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel 28
Gambar 3.3 *Personal Dust Sampler* tipe Buck Libra Pump L-4 with 230 VAC Charger 31
Gambar 3.4 Filter *Polyvinyl Chloride* (PVC) 32
Gambar 3.5 Kestrel 5500 *Weather Meter* 32
Gambar 3.6 Neraca *Mikro Mettler Toledo Tipe MX5* 33
Gambar 3.7 XRF *Spectrometer Epsilon5 PANalytical* 33
Gambar 4.1 Perbandingan Konsentrasi Partikulat Terespirasi PM_{10} dengan Beberapa Standar Nilai Batas Pajanan 42
Gambar 4.2 Perbandingan Rata-rata Konsentrasi Partikulat Terespirasi PM_{10} dengan Beberapa Standar Nilai Batas Pajanan 42
Gambar 4.3 Perbandingan Konsentrasi Unsur Mangan (Mn) dengan Baku Mutu 47
Gambar 4.4 Perbandingan Konsentrasi Unsur Nikel (Ni) dengan Baku Mutu 48
Gambar 4.5 Perbandingan Konsentrasi Unsur Arsen (As) dengan Baku Mutu 49
Gambar 4.6 Perbandingan Konsentrasi Unsur Timbal (Pb) dengan Baku Mutu 50
Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi Unsur Logam Berat Siang Hari . 51
Gambar 4.8 Grafik Konsentrasi Unsur Logam Berat Malam Hari 52
Gambar 4.9 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang 52

Gambar 4.10 *Windrose* tanggal 13 April 2019 Malam **53**
Gambar 4.11 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang **54**
Gambar 4.12 *Overlay windrose* tanggal 13 April 2019 Malam....**54**
Gambar 4.13 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang..................**55**
Gambar 4.14 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**55**
Gambar 4.15 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang **56**
Gambar 4.16 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **57**
Gambar 4.17 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang..................**57**
Gambar 4.18 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**58**
Gambar 4.19 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang **59**
Gambar 4.20 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **59**
Gambar 4.21 *Windrose* tanggal 18 April 2019 Siang..................**60**
Gambar 4.22 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**60**
Gambar 4.23 *Overlay windrose* tanggal 18 April 2019 Siang **61**
Gambar 4.24 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **62**
Gambar 4.25 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang..................**62**
Gambar 4.26 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**63**
Gambar 4.27 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang **64**
Gambar 4.28 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **64**
Gambar 4.29 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang..................**65**
Gambar 4.30 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**65**
Gambar 4.31 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang **67**
Gambar 4.32 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **67**
Gambar 4.33 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam..................**68**
Gambar 4.34 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam **69**
Gambar 4.35 *Windrose* tanggal 06 April 2019 Siang..................**69**
Gambar 4.36 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam..................**70**

Gambar 4.37 *Overlay windrose* tanggal 06 April 2019 Siang **71**
Gambar 4.38 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **71**
Gambar 4.39 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam.................. **72**
Gambar 4.40 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **73**
Gambar 4.41 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang.................. **73**
Gambar 4.42 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam.................. **74**
Gambar 4.43 Overlay *windrose* tanggal 07 April 2019 Siang **75**
Gambar 4.44 Overlay *windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam **75**
Gambar 4.45 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang.................. **76**
Gambar 4.46 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam.................. **76**
Gambar 4.45 *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang **77**
Gambar 4.46 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam **78**
Gambar 4.47 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang.................. **78**
Gambar 4.48 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam.................. **79**
Gambar 4.49 *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang **80**
Gambar 4.50 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam **80**

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unsur-Unsur Kimia Penanda Sumber Polutan 9
Tabel 2.2 Perbandingan antara partikel halus dan partikel kasar 14
Tabel 2.3 Baku Mutu Udara Ambien 16
Tabel 3.1 Koordinat dan Elevasi Lokasi Pengambilan Sampel ... 28
Tabel 3.2 Faktor fisika lingkungan di Kecamatan Waru Sidoarjo 29
Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Partikulat Terespirasi 37
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Partikulat Terespirasi 39
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Partikulat Terespirasi 40
Tabel 4.4 Konsentrasi Unsur-Unsur Dalam Partikulat Terespirasi 44

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999). Komponen penyebab polusi udara dapat berupa gas, cair, maupun partikel padat.

Berdasarkan data Pusat Sains Teknologi Terapan (PSTNT-BATAN), kandungan logam berat pada *particulate matter* di sekitar kawasan Industri Sidoarjo cukup tinggi, tepatnya di daerah Waru. Kemajuan sektor industri di wilayah ini terbilang cukup pesat, sehingga masyarakat di wilayah tersebut berpotensi terpapar polusi udara yang mengandung logam dengan konsentrasi yang tinggi.

Particulate Matter (PM) pada udara ambien adalah salah satu masalah lingkungan yang menjadi prioritas dan ancaman utama bagi kesehatan manusia. *Particulate matter* ukuran 10 mikron (PM_{10}) merupakan salah satu emisi yang dihasilkan dari kegiatan industri maupun dari kendaraan bermotor. PM_{10} adalah emisi berbentuk padat yang ukurannya beragam, yang mana semakin kecil ukurannya, maka semakin berbahaya bagi kesehatan manusia (Soemirat, 2003). Banyak studi yang telah mengungkapkan jika paparan partikulat dengan diameter $\leq$ 10 μm memiliki resiko efek samping pada kesehatan manusia (Kim dkk., 2015; Sacks dkk., 2011). Paparan jangka panjang terhadap partikel ($PM_{2.5\text{-}10}$) dianggap sebagai dampak negatif pernapasan, seperti berkurangnya fungsi paru-paru dan asma (Burnett dkk., 2014; Crouse dkk., 2012; Pope III dkk., 2011; Pope III dan Dockery, 2006).

Sebaran *particulate matter* (PM) di udara dipengaruhi oleh kondisi sumber pencemar serta proses fisik dan kimiawi pencemar tersebut di atmosfer. Bahan pencemar ini akan terbawa oleh angin dan berakumulasi di tempat tujuan arah angin tersebut. Studi yang dilakukan dibeberapa kota di Eropa (29 kota) dan di Amerika

Serikat (20 kota) menjelaskan efek mortalitas paparan untuk PM_{10} sebesar 0,62% dan 0,46% per setiap kenaikan 10 µg/m^3 (24 jam rata-rata) (Samet dkk., 2000).

Beberapa studi menunjukkan bahwa ± 20 partikel logam/metal terdapat di udara, seperti logam Al, Ag, As, Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, Hg, I , K, La, Mg, Mn, Na, Sb, Sc, Sm, Ti, Si, Ni, S, V, Sr, dan Zn (Santoso, 2013). Logam berat tersebut terdapat di dalam partikulat (WHO, 2007). Pada umumnya partikel yang terdapat didalam $PM_{2.5}$ mengandung logam berat lebih tinggi dibanding dengan partikel yang terdapat pada filter kasar ($PM_{2.5\text{-}10}$) (Pusarpedal, 2010). Kajian kualitas PM di Surabaya terdapat 12 unsur logam yang terkandung dalam $PM_{2.5}$ dan $PM_{2.5\text{-}10}$ diantaranya Na, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn dan Pb (Ahmad dan Santoso, 2016).

Salah satu alat yang digunakan untuk sampling adalah *Personal Dust Sampler* (PDS). PDS merupakan sebuah teknologi yang digunakan untuk menangkap debu dengan ukuran yang dapat disesuaikan berdasarkan pori-pori membran filter yang digunakan. Pada penelitian ini ukuran pori-pori membran filter yang akan digunakan adalah 5,0 µm. Laju alir yang digunakan *personal dust sampler pump* sebesar 1 lt/menit.

Sampel yang diambil dengan PDS akan diolah dengan alat Spektroskopi X-ray Fluorescence (XRF) yang mengunakan pemancaran sinar-X oleh atom yang tereksitasi dari foton berenergi tinggi seperti sinar-X dan sinar-γ (Santoso dkk., 2010). XRF mempunyai kemampuan untuk mendeteksi berbagai unsur yang ada di dalam partikel udara dan menghasilkan satu set data konsentrasi (25-30 unsur) dalam identifikasi sumber polutan udara (Santoso dan Lestiani, 2014). Data yang diperoleh dalam bentuk konsentrasi massa dan multi unsur logam kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, dan diagram.

Merujuk pada hasil kajian yang ada, maka perlu dilakukan analisis awal paparan partikulat terhadap pekerja di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo mengingat setiap unsur kimia tersebut mempunyai potensi bahaya yang beragam bagi kesehatan para pekerja maupun penduduk yang berada di kawasan industri tersebut. Data hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut, baik untuk pemerintah maupun para ilmuwan dan peneliti sebagai data

pendukung studi yang akan mereka lakukan terkait pencemaran udara maupun kesehatan masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini antara lain:

1. Apakah pekerja di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo terpapar kandungan logam berat akibat aktivitas industri?
2. Apakah perbedaan waktu mempengaruhi konsentrasi dan karakteristik logam berat di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo?
3. Apakah industri dominan sebagai sumber pencemar logam terhadap pekerja di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menentukan konsentrasi paparan logam berat terhadap pekerja yang berada di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo.
2. Menentukan perbedaan karakteristik logam berat antara siang dan malam di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo.
3. Menentukan sumber pencemar logam berat *(source apportionment)* berdasarkan arah dan kecepatan angin di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini dilakukan di kawasan Industri Waru, Sidoarjo.
2. Pengukuran konsentrasi massa rata-rata dan identifikasi unsur PM dilakukan menggunakan Spektroskopi XRF.
3. Parameter yang digunakan adalah komposisi dan konsentrasi unsur-unsur kimia didalam *particulate matter.*
4. Data sekunder berupa data kecepatan angin dan arah angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi.
5. Data Primer didapatkan melalui sampling di kawasan Industri Waru, Sidoarjo.

6. Responden yang dijadikan subjek penelitian adalah responden yang bekerja di kawasan Industri Waru, Sidoarjo.
7. *Particulate matter* yang diukur adalah PM_{10}.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi bagi Pemerintah Kota Surabaya, Pemerintah Daerah Waru, dan Badan Lingkungan Hidup khususnya dalam hal pemantauan emisi industri.
2. Menyediakan data kepada para ilmuwan dan peneliti untuk studi yang akan mereka lakukan terkait pencemaran udara dan kesehatan masyarakat.
3. Sebagai informasi tentang kandungan *particulate matter* dari emisi yang dihasilkan Industri Waru, Sidoarjo.
4. Sebagai referensi atau acuan bagi pemerintah dalam menyusun kebijakan pengendalian pencemaran udara.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Zat pencemar (polutan) yang berada di udara antara lain partikel-partikel halus yang mengambang di udara (aerosol), partikel debu, asap, dan gas-gas yang bersifat toksik sebagai hasil sampingan dari industri serta aktivitas manusia.

Pencemaran udara dapat bersumber dari faktor alami seperti letusan gunung berapi, kebakaran hutan alami, dan pencemaran udara akibat dari gas-gas alam, maupun faktor antropogenik seperti industri dan transportasi (Soedomo, 2001). Sumber pencemar dapat pula dikelompokkan menjadi sumber diam (tidak bergerak) seperti industri dan sumber bergerak, misalnya kendaraan bermotor. Dengan pola pengelompokan, sumber emisi dari suatu kegiatan dapat terdiri dari (Fitrianingsih, 2012):

1. Sumber Titik (*point sources*)
   Sumber titik adalah sumber yang mengeluarkan zat pencemar pada satu titik karena pada dasarnya zat pencemar yang di pancarkan ke udara melalui cerobong pembuangan menyerupai pola titik. Salah satu contoh sumber titik kegiatan adalah cerobong (*stack*) yang banyak terdapat dalam suatu rencana.
2. Sumber Ruang (*volume sources*)
   Sumber ruang secara normal diklarifikasikan sebagai emisi tidak terkontrol sehingga sulit terukur.
3. Sumber Area (*area sources*)
   Sumber area terjadi dimana polutan yang terlepas dari area yang luas seperti tambang terbuka.

4. Sumber Garis (*line sources*)
   Sumber garis merupakan sumber yang mengeluarkan pancaran zat pencemar berupa garis yang memanjang, salah satunya pencemaran di jalan raya.
5. Sumber Emisi Liar (*fugitive emission*)
   Sumber emisi ini disebut liar / fugitive karena polutan akan langsung terlepas ke udara tanpa melalui sistem penangkapan polutan dan pelepasan terkendali di suatu titik, seperti cerobong atau ventilasi udara. Beberapa contoh emisi liar adalah emisi polutan dari aktivitas konstruksi, tangki penyimpanan cairan (*storage tanks*) timbunan bahan baku (*stockpile*) terbuka, lokasi penurunan dan pemuatan barang (*loading area*), pelapisan aspal, instalasi pengolahan air limbah, menara pendingin (*cooling towers*), kebocoran alat, lahan terbuka yang tererosi oleh angin (*open area wing erosion*).

Berdasarkan perilakunya di udara, pencemaran udara dapat dibagi menjadi pencemar primer dan sekunder. Pencemar primer merupakan pencemar yang komposisinya tidak akan mengalami perubahan di atmosfer baik karena proses kimiawi maupun fisis dalam jangka waktu yang relatif lama (harian sampai tahunan), seperti CO, NO_X, CO_2, N_2O, metana, senyawa halogen, dan zat lain yang memiliki waktu tinggal lama di atmosfer karena bersifat stabil terhadap reaksi-reaksi kimia dan fisik yang terjadi di atmosfer. Sedangkan pencemar sekunder merupakan pencemar yang terbentuk di atmosfer akibat dari hasil reaksi-reaksi kimia dan fisik yang terjadi di atmosfer seperti proses hidrolisis, oksidasi dan fotokimia, contohnya *photochemical smog* (Suryani dkk., 2010).

2.2 Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat berupa kegiatan yang bersifat alami (natural) dan antropogenik. Contoh sumber alami adalah letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, dan spora tumbuhan. Pencemaran udara akibat aktivitas manusia (kegiatan antropogenik) secara kuantitatif seringkali lebih besar. Pencemaran udara akibat kegiatan antropogenik ini dibagi dalam pencemaran akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan (dekomposisi dan pembakaran), dan rumah tangga.

Sumber pencemaran udara terpenting akibat aktivitas antropogenik diantaranya adalah (Soedomo, 2001):

1. Transportasi
   Pencemaran udara akibat aktivitas transportasi yang sangat penting adalah akibat kendaraan bermotor di darat. Parameter penting akibat aktivitas ini adalah karbon monoksida (CO), Partikulat, oksida nitrogen (NO), hidrokarbon (HC), timbal (Pb), dan oksida sulfur (SO_X).
2. Industri
   Emisi dari industri sangat tergantung dari jenis dan proses pada industri tersebut. Industri dan pusat pembangkit tenaga listrik umumnya menggunakan tenaga dan panas yang berasal dari pembakaran batu bara dan bensin. Proses pembakaran tersebut menghasilkan sampingan berupa SO, asap, dan bahan pencemar lainnya.
3. Pembakaran Sampah
   Proses pembakaran sampah, walaupun berskala kecil, sangat berperan dalam menambah zat pencemar di udara terutama partikulat dan hidrokarbon. Dari aktivitas pembakaran sampah, emisi partikulat penting untuk diperhatikan. Sedangkan dari proses dekomposisi, emisi HC dalam bentuk gas methana yang penting untuk diperhatikan.
4. Kegiatan Rumah Tangga
   Kegiatan rumah tangga mengemisikan pencemar udara dari proses pembakaran saat pengolahan makanan. Parameter udara yang diemisikan ke atmosfer identik dengan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor kecuali senyawa tambahan dari bahan bakar seperti timbal (Pb).

2.3 *Particulate Matter* (PM)

Partikulat adalah zat padat atau cair dengan diameter sangat kecil yang tersuspensi dalam gas buang dan dapat dilepaskan ke atmosfer (Cooper dan Alley, 2011). Partikulat terbentuk karena proses mekanisme (pemecahan dan reduksi) terhadap benda padat, dimana debu masih dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Cahyadi, 2016). Partikulat dapat mengandung logam berat seperti Na, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn,

dan Pb (Mukhtar dkk., 2013). Keberadaan partikulat di atmosfer dapat diklasifikasikan dalam dua jenis berdasarkan proses terbentuknya, yaitu (Seinfeld dan Pandis, 2012):

1. Partikulat Primer, yaitu partikel yang diemisikan ke atmosfer dalam bentuk partikulat langsung dari sumbernya.
2. Partikulat Sekunder, yaitu partikel yang terbentuk dari reaksi-reaksi kimia.

Salah satu zat pencemar yang cukup banyak dihasilkan oleh kegiatan antropogenik adalah partikulat (*Particulate Matter* (PM)). Sekitar 50% dari total emisi debu di atmosfer merupakan PM_{10}. Emisi ini berkontribusi secara signifikan bagi pemanasan atmosfer, tidak hanya menyebar tetapi juga menyerap radiasi surya (Haywood dan Boucher, 2000). Partikel kasar (*coarse particles*) terdiri atas partikel yang berasal dari proses pemecahan lapisan dan batuan bumi, sehingga kaya akan oksida besi, kalsium, silikon, dan alumunium alami. Partikel halus (*fine particles*) terdiri dari sulfat, nitrat, ammonium, inorganik dan organik karbon, logam-logam berat seperti timbal dan kadmium sebagai komposisi utama (Seinfield, 1986).

Studi mengenai komposisi kimia dari partikulat yang dilakukan di Mexico City pada tahun 1997, menunjukkan bahwa sekitar 50% komposisi massa dari $PM_{2,5}$ terdiri dari *carbonaceous aerosol*. Komposisi ini diperkirakan berasal dari proses combustion. Sekitar 30% komposisi ini terdiri atas aerosol sekunder, dan 15% terdiri atas materi geologi atau unsur tanah dan bebatuan. Sekitar 50% komposisi PM_{10} terdiri atas materi geologi, 30% terdiri atas *carbonaceous* aerosol, dan kurang dari 20% terdiri atas aerosol sekunder (World Bank, 2003). PM_{10} merupakan partikel udara dalam wujud padat yang berdiamater kurang dari 10 µm. Partikel tersebut akan berada di udara untuk waktu yang relatif lama dalam keadaan melayang-layang dan masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan sehingga dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Eka, 2009).

2.4 Sumber Partikulat

Sumber partikulat secara garis besar dikelompokan dalam 2 kelompok yaitu sumber alami dan antropogenik (Seinfeld dan

Pandis, 2012). Sumber alami diantaranya adalah emisi partikel dari aktivitas gunung berapi, debu dari tanah dan pecahan batu, asap kebakaran, dan reaksi antara gas alami. Sumber antropogenik adalah sumber emisi yang berhubungan dengan aktivitas manusia (Health Canada, 2005).

Partikulat dengan karakteristik komposisi kimia tertentu akan menunjukan sumber yang mengemisikan partikulat tersebut. Dalam proses identifikasi sumber pencemar, perlu diketahui tentang usur penanda dari sumber untuk mengetahui pentingnya profil sumber dan kontribusi sumber. Senyawa-senyawa yang dapat membedakan emisi-emisi sumber, baik karena jumlahnya yang berlimpah ataupun karena proporsionalitasnya, sangat penting untuk diketahui sebagai unsur penanda. Disamping itu perlu dipertimbangkan sumber-sumber apa yang ada di wilayah yang diteliti, serta melihat faktor kolerasi antar elemen (Mauliadi, 2005). **Tabel 2.1** menunjukkan beberapa unsur yang digunakan untuk memperkirakan sumber pencemar pada studi tentang partikulat (Koistinen, 2002). Unsur-unsur penanda sumber polutan tersebut dapat dikorelasikan sehingga dapat merujuk kepada sumber polutan tertentu.

Tabel 2.1 Unsur-Unsur Kimia Penanda Sumber Polutan

Kategori Sumber	Elemen/senyawa
Tanah	*Al, Ce, Fe, Mn, Sc, Si, Sm*
Tansportasi jarak jauh, partikel sekunder	*S*
Asap rokok	*Cd*
Kendaraan	*Br, C, Cu, Pb, Sb, Zn*
Katalis Mobil	*Al*
Kendaraan diesel	*Al, Ba, Cu, Mg, Mn, Na, Pb, Sb, Zn*
Kendaraan non katalis	*Br, Pb*
Debu/*Brake Dust*	Ba, Fe_2O_3, Mg^{2+}, SiO_2
Serpihan ban	*Zn*
Jalan raya	*Mn*
Garam laut	*Cl, Na*

Kategori Sumber	Elemen/senyawa
Industri baja/peleburan	*Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, In, Mn, Pb, Sn, Zn*
Peleburan seng	*Cd, Pb, Zn, Sn*
Peleburan tembaga	*Cu, P, Se*
Insenerator	*Ag, Cl, Cu, In K, Pb, Sb, Zn*
Pembakaran batubara	*Ag, as, Cr, K, Mo, Pb, Sb, Se, S, Zn*
Pembakaran minyak/*refinery*	*Cr, La, Ni, Sm, S, V*
Pembakaran biomassa/kayu	*K, C volatil, elemental C*
Kapur	*Ca, Mg*

(Sumber: Koistinen, 2002)

Sumber penghasil partikulat dapat diperkirakan dengan cara mengetahui unsur-unsur logam yang terkandung dalam partikulat tersebut serta dapat memperlihatkan hubungan korelasi antara unsur logam dengan unsur logam lainnya (Ahmad dan Muhayatun, 2016).

2.5 Proses Pembentukan Partikulat

Menurut Cooper dan Alley (2011), partikulat terbentuk akibat terjadinya salah satu dari tiga proses dasar, yaitu:

1. Proses penanganan material, seperti penghancuran, penggilingan bijih, atau pengangkutan material kering dalam jumlah besar dapat menghasilkan pembentukan partikulat halus.
2. Proses pembakaran, yang dapat mengemisikan partikulat kecil yang tidak mudah terbakar atau jelaga yang tidak terbakar sempurna.
3. Proses konversi gas, yang terjadi di atmosfer antara polutan gas lain di atmosfer yang telah diemisikan sebelumnya.

2.6 Komposisi *Particulate Matter (PM)*

Menurut penelitian Fierro (2000), partikel dibentuk dari percampuran gas dan uap terkondensasi suhu tinggi, tersusun atas kombinasi senyawa sulfat, senyawa karbon, ammonium, ion hidrogen, senyawa, organik, unsur non logam (Si dan P) dan unsur

logam (Al, Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn dan Fe) dan partikel air terikat. Partikulat dapat dibagi menjadi dua golongan besar berdasarkan komposisinya, yaitu partikulat anorganik dan organik. Berikut ini adalah pembagian partikulat berdasarkan golongan tersebut (Manahan, 2000):

1. Partikulat Anorganik

   Sumber partikulat merefleksikan komposisi dasarnya. Sebagai contoh partikulat yang berasal dari lautan yang tercemar oleh sulfur dioksida akan memiliki kandungan sulfat yang tinggi sehingga kandungan kloridanya menjadi rendah. Sulfat terbentuk dari oksidasi sulfur dioksida yang berasal dari NaCl menguap sebagai HCl.

   Elemen yang menyusun partikel anorganik tersebut bersumber dari (Manahan, 2000):

   a. Al, Fe, Ca, Si: Erosi tanah, debu dari bebatuan, pembakaran *coal.*
   b. C: Pembakaran tak sempurna dari bahan bakar yang menganduk karbon.
   c. Na, Cl: Aerosol dari lautan, pembakaran limbah yang mengandung organohalide.
   d. Sb, Se: Elemen yang sangat mudah menguap, kemungkinan dari pembakaran minyak, *coal* atau sampah.
   e. V: Pembakaran residu minyak tanah (terdapat dalam konsentrasi yang sangat tinggi pada residu minyak mentah di Venezuela).
   f. Zn: Cenderung ada pada partikel berukuran kecil, kemungkinan berasal dari pembakaran.
   g. Pb: Pembakaran bahan bakar atau limbah yang mengandung timbal.

2. Partikulat Organik

   Sebagian besar partikel organik terbentuk melalui proses pembakaran internal pada mesin yang melibatkan pirosintesis dan senyawa nitrogen. Produk yang dihasilkan meliputi senyawa yang mengandung nitrogen dan polimer hidrokarbon yang teroksidasi. Hasil penelitian menunjukan

bahwa bensin dan mesin diesel mengemisikan lebih dari 100 senyawa partikulat.

2.7 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penyebaran Polutan

Penyebaran polutan di atmosfer dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Stull (2000), penyebaran polutan di atmosfer melibatkan tiga mekanisme utama yaitu gerakan udara secara global, fluktuasi kecepatan turbulensi yang akan menyebarkan polutan ke seluruh arah, dan difusi massa akibat perbedaan konsentrasi. Sementara itu, menurut Oke (1978), penyebaran pencemaran dari suatu sumber emisi selain dipengaruhi oleh karakteristik sumber emisi juga dipengaruhi oleh karakteristik meteorologi dan topografi setempat.

Menurut Sastrawijaya (2009), konsentrasi pencemar di udara bergantung kepada kondisi cuaca. Kecepatan dan arah angin, distribusi suhu vertikal, dan kelembaban adalah unsur-unsur yang berperan dalam perubahan cuaca. Kecepatan angin mempengaruhi distribusi pencemar. Konsentrasi pencemar akan berkurang jika angin kencang dan membagikan pencemar ini secara mendatar atau tegak lurus. Permukaan daratan juga mempengaruhi kecepatan angin, apakah berbukit-bukit atau berlembah-lembah. Lorong sempit bagi angin dapat meningkatkan kecepatan hembusan angin. Perubahan suhu juga merupakan faktor pengubah yang besar. Pergolakan ke atas akan membawa pencemar ke daerah yang suhunya lebih rendah. Pencemar akan menurun konsentrasinya dan kemudian disebarkan angin.

Dispersi polutan di udara sangat dipengaruhi oleh kondisi meteorologi pada wilayah tercemar. Pada kondisi meteorologi yang buruk akumulasi konsentrasi dapat terjadi pada suatu lokasi. Beberapa faktor alam akan membuat polutan dari sebuah sumber akan terdispersi dan menurunkan nilai konsentrasinya pada titik tertentu. Kondisi alam yang tidak stabil akan membuat polutan terdispersi semakin baik. Dalam sistem pencemaran udara, polutan yang dilepaskan akan masuk kedalam atmosfer sebagai media penerima. Atmosfer sendirinya memiliki kemampuan untuk menyebar polutan (dispersi), pengenceran (dilusi), transport antar molekul gas dan partikel aerosol (difusi), serta transformasi fisik-kimia dalam proses dan mekanisme kinetika atmosferik (Soedomo, 2011).

2.8 Ukuran dan Dampak *Particulate Matter* (PM) Terhadap Kesehatan

Ukuran debu sangat mempengaruhi masuknya suatu debu kedalam suatu sistem pernapasan. Ukuran partikel partikulat adalah parameter yang penting dalam karakterisasi perilaku fisik partikulat di atmosfer. Beberapa ukuran partikel menurut CEPA (2001), yaitu:

1. *Ultrafine particle (Extremly small/nuclei mode),* yaitu partikel yang berukuran kurang dari 0,1 μm (< 0,1 μm). Proses utama pembentukan partikel ini biasanya melalui kondensasi uap panas selama proses *combustion* dengan temperatur tinggi dan proses nukleasi material atmosferik yang membentuk partikel baru. Ukuran *ultrafine particel* yang sangat kecil dan pergerakannya yang acak menyebabkan partikel-partikel ini bertabrakkan satu dengan yang lain dan membentuk partikel baru yang lebih besar.
2. *Fine particle* (*Accumulation mode* atau partikel halus), yaitu partikel yang berukuran 0,1 - 2,0 μm. Partikel ini dapat berada di atmosfer dalam beberapa hari bahkan beberapa minggu. Proses deposisi dan presipitasi adalah proses utama yang dapat membuat partikel ini meninggalkan atmosfer.
3. *Course particle* (*sedimentation* atau partikel kasar), yaitu partikel yang berukuran lebih besar dari 2,0 μm. Ukuran partikel ini umumnya berhubungan dengan proses mekanis seperti erosi yang terbawa angin, pecahan gelombang laut, dan *grinding* (proses penghalusan). *Grinding* merupakan pemecahan partikel besar menjadi lebih kecil seperti yang terjadi pada *windblown soil*, penyebaran partikel garam laut, dan debu- debu dari proses pertambangan.

Ukuran partikulat yang dapat masuk ke dalam sistem pernafasan adalah partikulat yang berukuran < 10 μm dengan spesifikasi (Soemirat, 2003):

- Ukuran 10 μm akan mudah tersaring oleh rambut-rambut halus di dalam rongga hidung.

- Ukuran 5-10 μm akan tertimbun di saluran nafas bagian atas, dapat menyebabkan iritasi dan radang.
- Ukuran 3-5 μm akan tertimbun di saluran nafas bagian tengah.
- Ukuran 1-3 μm (*respirable dust*) akan tertahan dan tertimbun mulai dari bronkiolus terminals sampai alveolus.
- Ukuran 0,1-0,5 μm yang akan mengikuti gerak Brown, sehingga mudah masuk ke dalam saluran respirasi dan mudah keluar kembali bersama udara ekspirasi. Dapat tertimbun bila membentur alveoli.

Partikulat dengan ukuran diameter PM_{10} dan $PM_{2,5}$ bersifat aerodinamik dan dapat masuk ke dalam sistem respirasi manusia kemudian dapat terdeposit di dalam paru-paru dan merusak alveoli sehingga menyebabkan gangguan pada kesehatan. Partikulat dengan sifat demikian dikatakan sebagai *respirable particulaters* atau partikulat terespirasi (Chong, 2002). *The United State Environmental Protection Agency US* EPA (1996) telah membandingkan perbedaan antara partikulat halus dan kasar baik berdasarkan wujud, proses pembentukan, komposisi, sifat kelarutan, durasi waktu di udara, dan daya jangkau. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Perbandingan Antara Partikel Halus dan Partikel Kasar

	Partikel Halus	Partikel Kasar
Wujud asal	Gas	Padatan dengan ukuran besar atau droplet
Proses pembentukan	Reaksi kimia, *nucleation,* konsensasi, koagulasi dari *fog* dan *cloud droplets* dimana telah terjadi reaksi	Proses mekanikal (crushing, grinding, abrasi), penguapan dari *sprays*, suspensi debu

	Partikel Halus	Partikel Kasar
Komposisi	Sulfat, nitrat, amonium, ion hidrogen, elemen karbon, senyawa organik, (PAH, PNA), logam (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe), partikel dalam air	*Fly ash* dari batu bara, debu tanah, debu jalan, oksida logam, hancuran dari suatu material (Si, Al, Ti, Fe), $CaCO_3$, NaCl, spora jamur, serbuk sari, serbuk dari hewan atau tumbuhan
Kelarutan	Sebagian besar mudah larut Higroskopis	Sebagian besar tidak mudah larut, non-higroskopis
Sumber	Proses *combustion* batubara, minyak bumi, bensin, diesel, kayu; produk daari proses transformasi di atmosfer dari NOx, SO_2, dan senyawa organik; proses yang membutuhkan suhu tinggi (peleburan baja, dsb)	Debu dari industri, debu jalan/tanah, suspensi dari hasil pengolahan tanah (pembajakan, penambangan); sumber biologi; *sprays* air laut; combustion batubara dan minyak bumi
Jangka waktu di udara	Beberapa hari hingga beberapa minggu	Beberapa menit hingga beberapa jam
Daya jangkau	± 100 - 1000 km	± 1 - 10 km

(*Sumber: US EPA* 1999)

2.9 Baku Mutu Kualitas Udara

Pada tahun 1971 *US EPA* menetapkan standar pertama untuk materi partikulat dalam *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) dalam bentuk *Total Suspended Particulate* (TSP). Tahun 1987 standar tersebut diganti dengan PM_{10} mengingat sifat aerodinamiknya, yaitu sebesar 50 µg/m^3 untuk rata-rata tahunan dan sebesar 150 µg/m^3 untuk rata-rata 24 jam. Tahun 1997, setelah banyak penelitian mengenai sifat aerodinamik $PM_{2,5}$ yang berkaitan erat dengan angka mortalitas dan morbiditas, maka ditetapkan standar untuk $PM_{2,5}$ adalah sebesar 15 µg/m^3 untuk rata-rata tahunan, dan 65 µg/m^3 untuk rata-rata 24 jam (Fierro, 2000. PPRI No 41 Tahun 1999).

Baku mutu konsentrasi partikulat terespirasi pada pekerja dilingkungan kerja sesuai dengan standar NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) yaitu 10 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 10000 µg/m^3, ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) yang memiliki baku mutu partikulat 4 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 4000 µg/m^3 dan OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) yang memiliki baku mutu partikulat 5 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 5000 µg/m^3. Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja SE.01/MEN/1997 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) faktor kimia di lingkungan kerja adalah 2 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 2000 µg/m^3, dan Keputusan Menteri Kesehatan No.1405/MenKes/SK/XI/2002 menyatakan bahwa baku mutu debu total di dalam ruangan kerja selama 8 jam adalah 0,15 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 150 µg/m^3.

OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) menetapkan baku mutu yang berlaku di lingkungan kerja. Batas aman untuk total partikulat yang bersifat umum (tidak didentifikasikan khusus) selama 8 jam TWA (*Time Weighed Average*) PEL (*Permissible Exposure Limit*) adalah 15 mg/m^3 dan 5 mg/m^3 untuk ukuran yang terespirasi. Partikulat dengan ketetapan khusus (terdapat keterangan toksikologis) ditetapkan TWA PEL sebesar 10 mg/m^3 untuk total partikulat, dan 5 mg/m^3 untuk ukuran terespirasi (OSHA, 1989). Indonesia telah mengatur baku mutu konsentrasi pencemar di udara ambien berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 seperti yang diperlihatkan dalam **Tabel 2.3.**

Tabel 2.3 Baku Mutu Udara Ambien

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
1	SO_2	1 Jam	900 µg/m^3
	(Sulfur Dioksida)	24 Jam	365 µg/m^3
		1 Tahun	60 µg/m^3
2	CO	1 Jam	30.000 µg/m^3
	(Karbon Monoksida)	24 Jam	10.000 µg/m^3
		1 Tahun	-

No	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu
3	NO_2	1 Jam	400 µg/m^3
	(Nitrogen Dioksida)	24 Jam	150 µg/m^3
		1 Tahun	100 µg/m^3
4	O_3 (Oksidan)	1 Jam	235 µg/m^3
		1 Tahun	50 µg/m^3
5	HC (Hidrokarbon)	3 Jam	160 µg/m^3
6	PM_{10} (Partikel < 10 m)	24 Jam	150 µg/m^3
	$PM_{2,5}$ (Partikel < 2,5 m)	24 Jam	65 µg/m^3
		1 Tahun	15 µg/m^3
7	TSP (Debu)	24 Jam	230 µg/m^3
		1 Tahun	90 µg/m^3
8	Pb (Timah Hitam)	24 Jam	2 µg/m^3
		1 Tahun	1 µg/m^3
9	*Dustfall* (Debu Jatuh)	30 Hari	10 Ton/km^2/Bulan (Pemukiman)
			20 Ton/km^2/Bulan (Industri)
10	Total Fluorides (F)	24 Jam	3 µg/m^3
		90 Hari	0,5 µg/m^3
11	Fluor Indeks	30 Hari	40 µg/100 cm^3 dari kertas *limited filter*
12	Khlorine & Khlorine Dioksida	24 Jam	150 µg/m^3
13	Sulphat Indeks	30 Hari	1 mg SO_3/100 cm^3 dari lead peroksida

(Sumber: PPRI No 41/1999)

2.10 Debu Terespirasi

Debu terespirasi merupakan debu yang memiliki sifat berbahaya ketika terdepositkan dalam bagian sistem pertukaran udara yaitu pada bagian bronkioli atau alveoli. Meskipun batas debu *respirable* adalah 5 μm, tetapi debu dengan ukuran 5-10 μm dengan kadar berbeda dapat masuk ke dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih besar 5 μm akan dikeluarkan semuanya apabila jumlahnya kurang dari 10 partikel per millimeter kubik udara. Bila jumlahnya 1000 partikel per millimeter kubik udara, maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun di dalam paru-paru.

Selain partikulat terespirasi (*respirable dust*), partikulat juga dikategorikan menjadi *inhalable dust* dan *thoracic dust*, berdasarkan penetrasi pada sistem pernafasan manusia*. Inhalable dust* merupakan partikel udara yang berbahaya ketika terdeposisi di sepanjang sistem pernafasan. Bagian sistem pernafasan yang terkena dampaknya adalah bagian sistem pernafasan atas (hidung dan mulut), *nasopharynx, oropharynx* dan *laryngopharynx*. Debu yang memiliki sifat terespirasi memiliki ukuran (50% *cut point*) atau sebesar 100 mikron (ACGIH, 1999). *Thoracic dust* merupakan partikel udara yang berbahaya ketika terdeposisi di sepanjang saluran paru-paru (*lung airways*) dan area pertukaran gas. Termasuk ke dalamnya adalah pertikulat yang memiliki kemampuan untuk memasuki area *tracheobronchial* yaitu trakea, bronki, dan bronkiolus. Debu yang memiliki sifat terespirasi memiliki ukuran (50% *cut point*) sebesar 10 mikron (ACGIH, 1999). Memiliki kemampuan untuk memasuki area deposisi *inhalable, thoracic* dan *respirable dust* pada sistem pernafasan manusia.

2.11 Spektroskopi X-ray Fluorescence (XRF)

Teknik analisis nuklir (*nuclear analytical techniques*) adalah suatu teknik analisis unsur yang dilandasi oleh fenomena atau sifat inti atom. Teknik tersebut mencakup berbagai metode analisis, salah satunya adalah spektroskopi *XRF* (Santoso dkk., 2010).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena berkas berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi dari pada energi ikat elektron dalam orbit K, L, atau M atom target,

maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbit terluar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X. Sinar-X yang dihasilkan merupakan gabungan spektrum kontinyu dan spektrum berenergi tertentu (diskret). Jenis spektrum diskret yang terjadi tergantung pada perpindahan elektron yang terjadi dalam atom bahan. Spektrum ini dikenal dengan spektrum sinar-X karakteristik.

Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan. Bahan yang dianalisis dapat berupa padat masif, pelet, maupun serbuk. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan. Sinar-X yang dihasilkan dari peristiwa seperti peristiwa tersebut diatas ditangkap oleh detektor semi konduktor Silikon Litium (SiLi) (Munasir dkk., 2012). *XRF* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi berbagai unsur yang ada di dalam partikel udara dan menghasilkan satu set data konsentrasi 25-30 unsur dalam identifikasi sumber polutan udara (Santoso dan Lestiani, 2014).

XRF yang digunakan untuk analisis metal yang terkandung di PM adalah XRF spectrometer Epsilon5 PANalytical yang terlihat pada **Gambar 2.2.** XRF Epsilon5 merupakan jenis XRF *Energy Dispersive System* (EDXRF) karena kemampuan detektornya untuk memisahkan perbedaan energi radiasi karakteristik yang berasal langsung dari sampel.

Gambar 2.1 *XRF Spectrometer Epsilon5 PANalytical*
(Diambil pada 29 Desember 2018)

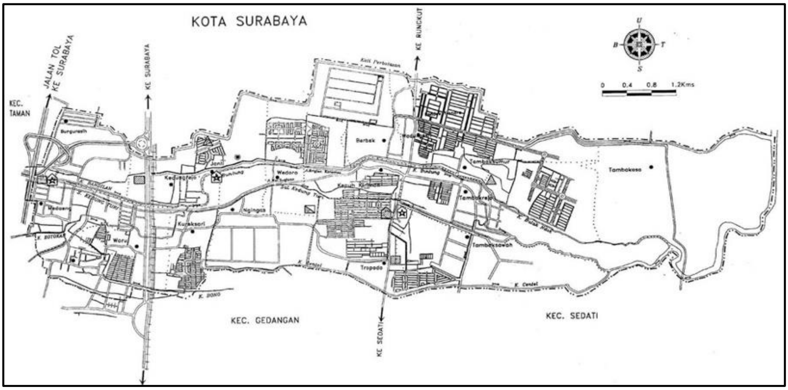
2.12 Gambaran Umum Wilayah Studi

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Waru, Sidoarjo. Kecamatan Waru merupakan daerah perbatasan antara Sidoarjo Selatan dengan Surabaya dan merupakan daerah yang mengalami perkembangan pesat. Selain letaknya yang strategis, dengan adanya berbagai potensi seperti di sektor industri, perdagangan, serta usaha kecil dan menengah daerah serta dukungan sumber daya manusia (SDM) yang memadai, maka Kecamatan Waru menjadi salah satu daerah strategis bagi pengembangan perekonomian. Luas wilayah Kecamatan Waru adalah 3.032 hektar dengan ketinggian rata-rata 5 mdpl, di mana sebagian besar merupakan tanah kering (2450,67 Ha) dan tanah sawah seluas 581,58 Ha. Kecamatan Waru terdiri dari 17 Desa dengan klasifikasi Desa swasembada, merupakan daerah penyangga karena terletak di perbatasan Sidoarjo-Surabaya. Ke-17 Desa tersebut mencakup 144 RW dan 767 RT, di mana beberapa RT mengalami pemekaran karena pesatnya perkembangan penduduknya. Berikut adalah batas-batas wilayah kecamatan Waru:

- Sebelah Utara : Kota Surabaya
- Sebelah Timur : Keamatan Sedati
- Sebelah Barat : Kecamatan Taman

- Sebelah Selatan : Kecamatan Gedangan

Waru merupakan salah satu kawasan industri utama di selatan Surabaya. Banyak sentra Industri di sini, mulai logam di desa Ngingas serta Sepatu/Sandal yang terdapat di desa Wadung Asri, Berbek, Kepuh kiriman dan Wedoro. Desa Berbek yang secara administratif masuk kecamatan Waru juga jadi termasuk bagian dari kawasan Industri Rungkut (SIER) yang kemudian lebih dikenal dengan sebutan Kawasan Industri Berbek. Waru juga dikenal sebagai pusat Industri penyangga dari Surabaya, dan banyak industri penting yang sebelumnya berpusat di kota kecamatan ini. Misalnya pabrik paku, pabrik susu Nestle, perusahaan biskuit United Waru Biskuit Manufactory (UBM) sampai pabrik soda (Persero) dan PT. Hanil Jaya Steel yang merupakan perusahaan baja (Kecamatan Waru Dalam Angka, 2018). **Gambar 2.2** menunjukkan peta wilayah Kecamatan Waru.



Gambar 2.2 Peta Wilayah Kecamatan Waru

Sumber : http://waru.sidoarjokab.go.id/petakecamatanwarubesar.htm
(Diakses pada 13 Januari 2019)

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Berdasarkan uraian hasil kajian kualitas *particulate matter* (PM) yang mengandung logam berat, dampak yang ditimbulkan polutan PM terhadap resiko kesehatan, peningkatan pertumbuhan populasi penduduk dan aktivitas kegiatan lainnya yang dapat berpotensi sebagai sumber pencemar udara maka diperlukan kajian pemantauan kualitas pencemar PM yang fokus pada unsur partikulat logam di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo, Jawa Timur, yang meliputi identifikasi dan karakterisasi unsur PM, serta menentukan sumber pencemar di kawasan tersebut. Pengambilan sampel partikulat menggunakan alat PDS (*Personal Dust Sampler*)*,* kemudian sampel diidentifikasi menggunakan XRF (*Spektroskopi X-Ray Fluorescence*) untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung didalamnya. Analisis sumber pencemar dominan partikulat dilakukan dengan cara membandingkan konsentrasi unsur-unsur yang ada berdasarkan data arah dan kecepatan angin.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan yaitu pada bulan Februari - Juni 2019. Lokasi analisis dilakukan di Pusat Teknologi Sains dan Teknologi Nuklir Terapan - Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTNT-BATAN) yang beralamat di Jalan Taman Sari No.71 Bandung. Sampling dilakukan selama 2 bulan yaitu pada bulan April - Juni 2019 dengan lokasi berada di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia.

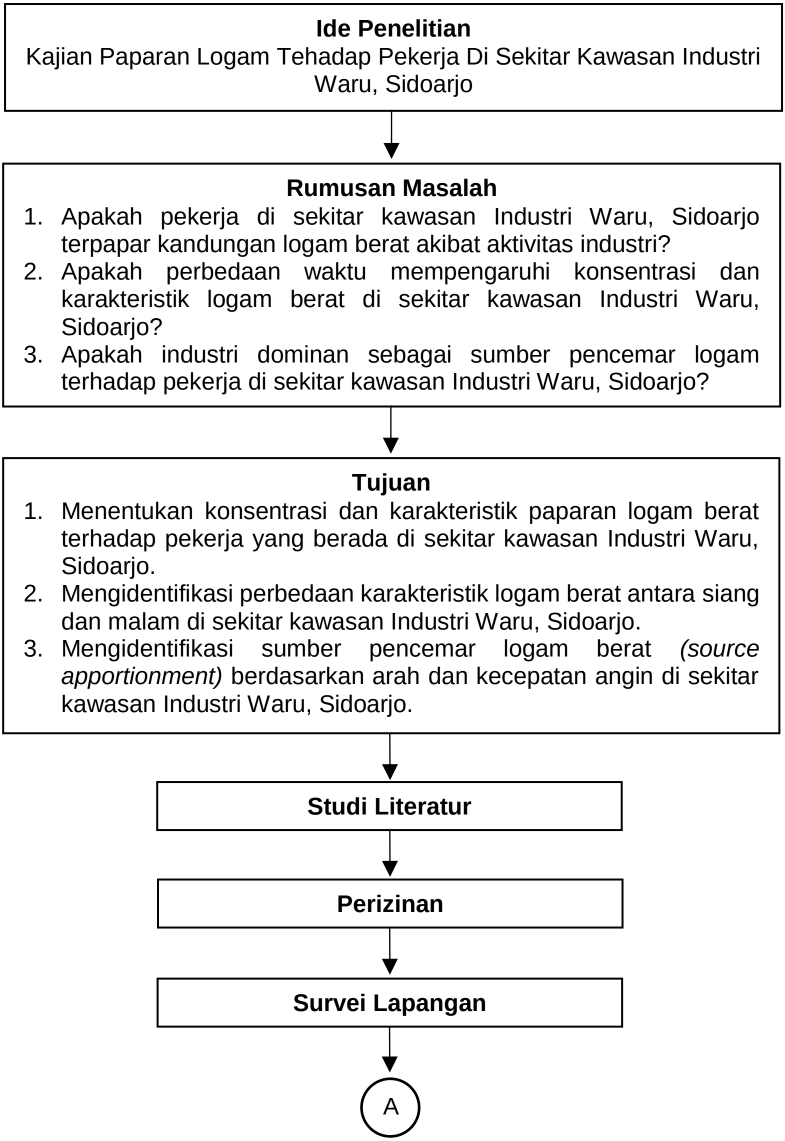
3.3 Target Luaran

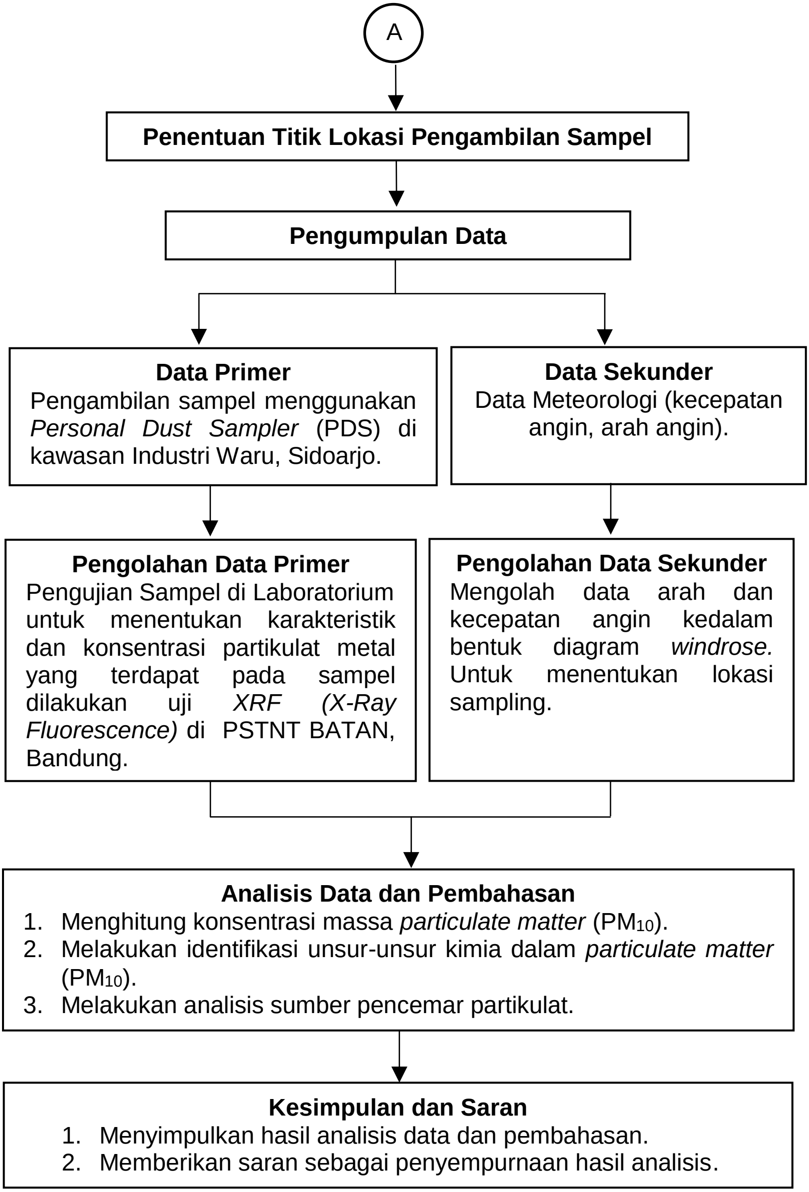
Hasil yang akan didapatkan pada penelitian ini adalah data konsentrasi paparan logam terhadap pekerja di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo beserta sumber pencemar dominannya.

3.4 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran awal mengenai alur penelitian. Penyusunan kerangka penelitian yang jelas dan sistematis dapat mempermudah dalam proses pelaksanaan

penelitian. Kerangka penelitian diawali dengan perumusan ide penelitian sampai dengan penarikan kesimpulan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**





Gambar 3.1 Diagram Kerangka Pelaksanaan Penelitian

3.5 Ide Penelitian

Penelitian ini didasari data yang didapatkan oleh Pusat Sains Teknologi Terapan (PSTNT-BATAN), yang menyatakan kandungan logam berat pada *particulate matter* di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo, cukup tinggi dan perkembangan industri di wilayah ini terbilang cukup pesat sehingga masyarakat berpotensi terpapar polusi udara yang mengandung logam dengan konsentrasi yang tinggi.

3.6 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi terkait dengan penelitian. Literatur yang digunakan diperoleh dari buku, jurnal internasional, jurnal penelitian, artikel, *text book*, laporan tugas akhir, tesis, asistensi dengan dosen pembimbing serta literatur yang diakui keabsahannya.

3.7 Perizinan

Untuk menunjang proses kelancaran kegiatan pengambilan data pada penelitian ini diperlukan perizinan yang akan diajukan ke beberapa instansi pemerintahan. Perizinan ditujukan kepada :

a. Pemerintah Kabupaten Sidoajo, sebagai pemberi izin diadakannya penelitian ini.
b. Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Provinsi Jawa TImur, sebagai pemberi izin diadakannya penelitian ini.
c. Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Sidoarjo, sebagai pemberi izin diadakannya penelitian ini.
d. Kantor Kecamatan Waru, sebagai pemberi izin diadakannya penelitian ini.

3.8 Survei Lapangan

Survei lapangan perlu dilakukan sebelum pengambilan sampel partikulat udara dilapangan untuk mengetahui keadaan di lokasi yang akan dilakukan pengambilan sampel. Hal-hal yang perlu diketahui antara lain pertimbangan dalam penetapan lokasi studi, jenis peruntukan lokasi, perkiraan sumber pencemar udara, serta keberadaan objek studi, sehingga dapat diketahui hal-hal yang dimungkinkan atau tidak dimungkinkan untuk dilakukan dalam mendukung perolehan data. Lokasi sampling dilakukan

pada tempat yang berbeda-beda. Penentuan lokasi sampling didapatkan dari pengolahan data arah dan kecepatan angin, yang disajkan dalam bentuk diagram *windrose*.

3.9 Penentuan Titik Lokasi Pengambilan Sampel

Pengukuran debu terespirasi dilakukan pada siang dan malam hari untuk mengetahui perbedaan konsentrasinya. Tahap awal yang dilakukan sebelum melakukan pengambilan data adalah menentukan titik pengambilan sampel sebanyak 24 lokasi. Titik lokasi yang dipilih merupakan kawasan di sekitar Industri Waru, Sidoarjo. Titik lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 3.2** dan **Lampiran 7**.

Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi Debu Terespirasi

Gambar 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Koordinat lokasi pengambilan sampel pada 24 titik disajikan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Koordinat dan Elevasi Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampling	Titik Koordinat	
	Lintang	Bujur
1	-7,343525	112,747628
2	-7,350267	112,754608
3	-7,350281	112,754761
4	-7,350308	112,754961
5	-7,349842	112,752906
6	-7,349911	112,75235
7	-7,346547	112,747831
8	-7,344858	112,750581
9	-7,346714	112,753053
10	-7,346714	112,753053

Titik Sampling	Titik Koordinat	
	Lintang	Bujur
11	-7,348025	112,753119
12	-7,346000	112,753353
13	-7,344994	112,749411
14	-7,344653	112,748261
15	-7,347147	112,749369
16	-7,347406	112,748628
17	-7,346681	112,749408
18	-7,350306	112,754264
19	-7,349964	112,752797
20	-7,349972	112,751431
21	-7,355594	112,810108
22	-7,347478	112,75765
23	-7,347019	112,757703
24	-7,355594	112,810108

3.10 Kondisi Meteorologi di Lokasi Pengambilan Sampel

Konsentrasi partikulat yang ada di lingkungan wilayah studi dipengaruhi juga oleh kondisi fisik lingkungan, yaitu kecepatan angin, temperatur udara, kelembaban dan tekanan udara. Pengukuran kondisi fisik lingkungan dilakukan di atas Masjid An-Nur Rewin. Adapun gambaran kondisi fisik di Kecamatan Waru, Sidoarjo selama penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Faktor fisika lingkungan di Kecamatan Waru Sidoarjo

Parameter	Nilai Rata-rata	
	Siang Hari	Malam Hari
Kecepatan Angin (m/s)	1,350	0,717
Temperatur Udara (℃)	30,683	26,808
Kelembapan (%)	75,621	88,276

Berdasarkan tabel diatas, kecepatan angin kelompok responden bervariasi, yaitu sebesar 1,350 m/detik untuk kelompok

responden siang hari, dan 0,717 m/detik untuk kelompok responden malam hari. Jika dibandingkan dengan rata-rata kecepatan angin pertahun di Kota Surabaya berdasarkan data BMKG tahun 2017 sebesar 4,0 m/detik, maka kecepatan angin di area Kecamatan Waru Sidoarjo lebih rendah sehingga kemungkinan besar, debu tidak terdispersi dengan cepat ke wilayah lain.

Rata-rata temperatur udara pada kelompok responden siang hari dan malam hari yaitu 30,683 °C dan 26,808 °C. Jika dibandingkan dengan rata-rata temperatur udara pertahun di Kota Surabaya berdasarkan data BMKG pada tahun 2017 yaitu sebesar 28,1°C, maka rata-rata temperatur udara di area Kecamatan Waru Sidoarjo lebih tinggi, suhu udara yang tinggi menyebabkan kelembaban udara yang rendah artinya jumlah uap air yang di kandung udara rendah, pada saat itu penyebaran udara terjadi lebih cepat karena udara dapat bergerak tanpa terhambat oleh uap air, akibatnya bahan pencemar di udara seperti partikulat akan menjadi lebih ringan dan dapat terbawa angin dan tidak memiliki waktu untuk terkumpul dan zat pencemar itu akan terdistribusi merata sehingga konsentrasi PM_{10} menjadi rendah (Assabraini dkk, 2013).

Selain itu rata-rata kelembaban udara pada kelompok responden siang hari dan kelompok responden malam hari yaitu 75,621 % dan 88,276 %. Kelembaban udara pada siang hari lebih rendah daripada kelembaban udara pada malam hari. Hal ini disebabkan suhu udara pada siang hari relatif lebih tinggi daripada malam hari. Kenaikan suhu udara akan menurunkan kelembaban di udara (Assabraini dkk, 2013). Kelembaban udara juga merupakan faktor fisik yang berpengaruh terhadap penyebaran polutan partikulat selain suhu dan kecepatan angin, dimana hasil analisis korelasi yang dilakukan Cahyadi dkk (2016) bahwa antara kelembaban udara dengan konsentrasi partikulat (PM_{10}) memiliki hubungan signifikan. Hal ini disebabkan ketika kelembaban udara relatif rendah, maka keadaan udara akan kering sehingga sumber pencemar/polutan akan mudah terangkat dan melayang di udara bebas, sehingga lebih mudah terpapar dan akan meningkatkan nilai konsentrasi partikulat. Hal ini terkait dengan sifat debu yang higroskopis, mudah menarik air sehingga berat molekulnya bertambah. Dengan adanya gaya gravitasi bumi, partikulat akan

jatuh dan mengendap di permukaan. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kelembaban udara di area Kecamatan Waru Sidoarjo lebih tinggi dari kelembaban udara yang ada di Kota Surabaya berdasarkan BMKG tahun 2017 yaitu 77,8 %.

3.11 Pengumpulan Data

Informasi serta data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer berupa konsentrasi paparan partikulat terhadap pekerja serta unsur-unsur yang terkandung didalamnya dan data kecepatan dan arah angin. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data kecepatan dan arah angin dari NOAA.

3.11.1 Pengumpulan Data Primer

Data primer dalam penelitian ini adalah data partikulat dari tiap-tiap lokasi sampling. Persiapan awal yang dilakukan sebelum sampling dan penelitian yaitu menyiapkan alat yang diperlukan.

A. Alat yang digunakan dalam sampling sebagai berikut :

1. *Personal Dust Sampler* sebagai alat sampling untuk menangkap *particulate matter* (PM). Pada sampling ini menggunakan *Personal Dust Sampler* (PDS) tipe *Buck Libra Pump L-4 with 230 VAC Charger*. Laju alir yang digunakan 1 lt/menit. Alat ini akan dipasang pada badan responden sehingga *cyclone* terletak pada *breathing zone* (Wibawa, 2008). Pada penelitian ini, pengambilan sampel dilakukan selama 7-8 jam sesuai dengan waktu kerja responden dan kemampuan alat.

Gambar 3.3 *Personal Dust Sampler* tipe Buck Libra Pump L-4 with 230 VAC Charger

Sumber : http://www.apbuck.com/shop/item.aspx?itemid=333

2. *Filter Paper* yang digunakan adalah *Polyvinyl Chloride* (PVC) dengan ukuran pori 5,0 µm dan diameter 37 mm.

Gambar 3.4 Filter *Polyvinyl Chloride* (PVC)

Sumber : https://www.zefon.com/filter-pvc-50m-8-x-10-10pk

(Diakses pada 26 Maret 2019)

3. *Kestrel 5500 Weather Meter* yang digunakan untuk memantau kecepatan dan arah angin.

Gambar 3.5 Kestrel 5500 *Weather Meter*

Sumber : https://kestrelmeters.com/products/kestrel-5500-weather-meter

(Diakses pada 18 Juni 2019)

B. Alat yang digunakan dalam analisis laboratorium sebagai berikut :

1. Neraca *Mikro Mettler Toledo Tipe MX5,* neraca dengan ketelitian hingga enam digit.

Gambar 3.6 Neraca *Mikro Mettler Toledo Tipe MX5*
(Diambil pada 1 April 2019)

2. Alat ukur Spektrometer XRF, untuk analisis konsentrasi massa partikel logam yang teridentifikasi.

Gambar 3.7 XRF *Spectrometer Epsilon5 PANalytical*
(Diambil pada 29 Desember 2018)

Responden adalah orang-orang yang melakukan kegiatan dan berada pada lokasi tersebut sepanjang hari seperti pedagang

kaki lima, pemilik warung-warung, satpam dan lain sebagainya dengan pertimbangan responden tersebut berkerja di area terbuka, sehingga berpotensi terpapar polutan partikel logam dari udara ambien. Responden yang dipilih adalah orang-orang yang tidak merokok atau yang dipastikan tidak merokok selama proses pengambilan sampel berlangsung.

3.11.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder dibutuhkan untuk menunjang analisis dan pembahasan konsentrasi paparan partikulat terhadap pekerja serta unsur-unsur yang terkandung didalamnya sebagai data primer. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data kecepatan dan arah angin untuk mengetahui gambaran umum kondisi meteorologi, khususnya daerah Waru dalam beberapa periode terakhir. Data tersebut juga diperlukan sebagai pendukung dalam penentuan perkiraan sumber pencemar.

3.12 Analisis dan Pembahasan

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

3.12.1 Analisis Konsentrasi Partikulat

Penentuan konsentrasi PM menggunakan metode gravimetri, analisis ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi partikulat pada sampel yang terukur disetiap lokasi penelitian. Konsentrasi partikulat terespirasi dihitung menggunakan persamaan berikut (Wight, 1994):

$$Cs = \frac{Ms}{v}$$

dimana:

Cs = Konsentrasi partikulat terespirasi (mg/m^3)
v = Volume udara (m^3)
Ms = Berat filter (mg/m^3)

Berat filter diperoleh dari hasil penimbangan filter sebelum dan sesudah dilakukan sampling. Volume udara diperoleh melalui perkalian antara laju alir dari *personal dust sampler pump* dengan durasi pengambilan sampel. Laju alir *personal dust sampler pump* yang digunakan sebesar 1 lt/menit.

Sebelum dilakukan penimbangan, filter dikondisikan di ruang preparasi pada temperatur 18-25 ^{o}C dan kelembaban

dibawah 60% agar kadar air dalam PM tersebut stabil. Kemudian membandingkan hasil konsentrasi partikulat tersebut dengan baku mutu.

3.12.2 Analisis Karakteristik Partikulat

Penentuan unsur pada sampel dilakukan dengan menggunakan alat Spektroskopi X-ray Fluorescence (XRF) merek Epsilon5 PANalytical untuk mengetahui konsentrasi massa dan identifikasi unsur partikel logam pada sampel. Unsur partikel logam terukur secara *time series*. Data yang diperoleh dalam bentuk konsentrasi massa dan multi unsur logam kemudian di analisis serta divisualisasikan dalam bentuk grafik, tabel, dan diagram.

3.12.3 Analisis Sumber Pencemar Partikulat

Dalam penelitian ini, analisis sumber pencemar dominan partikulat dilakukan dengan cara membandingkan konsentrasi unsur-unsur yang ada di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo, Jawa Timur berdasarkan data arah dan kecepatan angin.

3.13 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didapatkan dari hasil analisis data penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban atas tujuan yang ingin dicapai berdasarkan hasil penelitian yang telah dibuat. Sedangkan saran merupakan masukan kepada pembaca yang sifatnya dapat membangun dan menyempurnakan tugas akhir yang telah dibuat.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai paparan partikulat ini disajikan dalam beberapa bagian, yaitu konsentrasi paparan partikulat, komposisi unsur-unsur, kemungkinan sumber pencemar dan perbandingan terhadap baku mutu.

4.1 Analisis Konsentrasi Partikulat

Dalam pengukuran partikulat terespirasi jumlah keseluruhan responden menjadi 24 orang yang terbagi dalam kelompok responden siang hari, malam hari, kontrol siang hari dan kontrol malam hari. Nilai konsentrasi tersebut diperoleh selama pengukuran rata-rata 8 jam dengan *flow rate* sebesar 1 lt/menit. Karena metode yang digunakan adalah *gravimetri*, maka berat awal dan berat akhir dari filter yang digunakan juga perlu dicatat. Data berat awal dan berat akhir dari filter dapat dilihat pada **Tabel 4.1.**

Tabel 4.1 Berat Debu Pada Filter

Titik Sampling	Berat Awal, W_1 (mg)	Berat Akhir, W_2 (mg)	W_2-W_1 (mg)
1	352,962	358,771	5,809
2	332,496	333,325	0,829
3	349,261	352,066	2,805
4	341,483	342,173	0,689
5	307,818	308,588	0,770
6	342,501	344,675	2,174
7	324,787	326,314	1,527
8	347,543	348,498	0,955
9	339,256	340,398	1,142
10	318,187	321,680	3,493
11	334,132	336,421	2,288
12	332,427	335,477	3,050
13	337,770	341,337	3,567
14	331,864	333,395	1,532

Titik Sampling	Berat Awal, W_1 (mg)	Berat Akhir, W_2 (mg)	W_2-W_1 (mg)
15	352,333	353,587	1,254
16	327,040	327,919	0,880
17	318,059	319,508	1,448
18	339,595	340,764	1,170
19	322,850	324,078	1,227
20	365,960	367,101	1,141
21	350,682	351,761	1,079
22	353,664	355,809	2,145
23	329,325	330,022	0,697
24	338,489	339,594	1,105

Berikut adalah contoh perhitungan konsentrasi PM_{10} pada Titik 1.

1. Menghitung volume udara. Untuk menghitung volume udara yang diambil, dibutuhkan data laju alir awal Q_{S1} = 0,001 m^3/menit, laju alir akhir Q_{S2} = 0,001 m^3/menit, dan durasi sampling T = 8 jam (480 menit).

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

$$V = \frac{0{,}001\frac{m^3}{menit} + 0{,}001\frac{m^3}{menit}}{2}\ x\ 480\ menit$$

$$\boldsymbol{V = 0{,}480\ m^3}$$

2. Menghitung konsentrasi PM_{10}. Untuk menghitung konsentrasi PM_{10} dibutuhkan data volume udara yang diambil, yaitu V = 0,480 m^3. Berat filter awal W_1 = 332,496 mg, berat filter akhir W_2 = 333,325 mg.

$$Cs = \frac{Ms}{V} = \frac{W_2 - W_1}{V}$$

$$Cs = \frac{333{,}325\ mg - 332{,}496\ mg}{0{,}480\ m^3}$$

$$\boldsymbol{Cs = 1{,}727\ mg/m^3}$$

Konsentrasi PM_{10} untuk semua titik di sekitar Kawasan Industri Waru, Sidoarjo dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Partikulat Terespirasi

Titik Sampling	Waktu	Konsentrasi PM_{10} (mg/m^3)	Koordinat	
			Lintang	Bujur
1	Pagi	1,727	-7,343525	112,747628
2	Pagi	5,844	-7,350267	112,754608
3	Pagi	1,436	-7,350281	112,754761
4	Pagi	1,605	-7,350308	112,754961
5	Pagi	4,530	-7,349842	112,752906
6	Pagi	3,181	-7,349911	112,75235
7	Pagi	1,989	-7,346547	112,747831
8	Pagi	2,380	-7,344858	112,750581
9	Malam	7,277	-7,346714	112,753053
10	Pagi	4,767	-7,346714	112,753053
11	Malam	6,353	-7,348025	112,753119
12	Malam	7,431	-7,346000	112,753353
13	Pagi	3,191	-7,344994	112,749411
14	Pagi	2,613	-7,344653	112,748261
15	Malam	1,833	-7,347147	112,749369
16	Malam	3,017	-7,347406	112,748628
17	Malam	2,437	-7,346681	112,749408
18	Malam	2,557	-7,350306	112,754264
19	Malam	2,377	-7,349964	112,752797
20	Malam	2,249	-7,349972	112,751431
21	Malam	4,469	-7,355594	112,810108
22	Malam	1,452	-7,347478	112,75765
23	Malam	2,303	-7,347019	112,757703
24	Pagi	1,614	-7,355594	112,810108

Tabel 4.2 menunjukan adanya perbedaan nilai konsentrasi yang cukup fluktuatif. Sebagian besar konsentrasi partikulat pada malam hari lebih besar daripada konsentrasi partikulat pada siang hari. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya industri yang beroperasi, keadaan meteorologi saat pengukuran sampel, lokasi pengambilan sampel dan kegiatan lalu lintas. Dimana hal ini sejalan dengan penelitian Zanaria (2008), yang menyatakan konsentrasi partikulat dipengaruhi berbagai aktivitas industri dan penelitian yang dilakukan oleh Arianto (2015), yang menyatakan jika kendaraan bermotor banyak mengeluarkan partikulat ke udara bebas.

Kecepatan dan arah angin juga berpengaruh terhadap tinggi rendahnya konsentrasi suatu polutan yang terbawa, semakin fokus arah angin dari sumber pencemar ke titik pengukuran maka juga akan mempengaruhi jumlah partikulat yang tertangkap oleh alat personal sampling (Arianto, 2015). Ketika angin bertiup kencang, partikulat akan tersebar lebih luas dan menurunkan konsentrasinya. Begitu pula sebaliknya, ketika angin bertiup lemah, partikulat tidak tersebar dan menumpuk di satu lokasi sehingga konsentrasinya meningkat (Khariza, 2015).

Data meteorologi masing-masing sampel dapat dilihat pada **Lampiran 2** dan untuk lokasi pengambilan sampel keseluruhan dapat dilihat pada **Lampiran 7** Adapun nilai rata-rata konsentrasi partikulat terespirasi dapat dilihat pada **Tabel 4.3.**

Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata Konsentrasi Partikulat Terespirasi

Waktu	Rata-rata Berat Partikulat (mg)	Rata-rata Konsentrasi Partikulat (mg/m^3)	Rata-rata Konsentrasi Partikulat (µg/m^3)
Siang	1,451	3,024	3023,927
Kontrol Siang	0,775	1,614	1613,889
Malam	1,711	3,571	3571,465
Kontrol Malam	2,145	4,469	4469,444

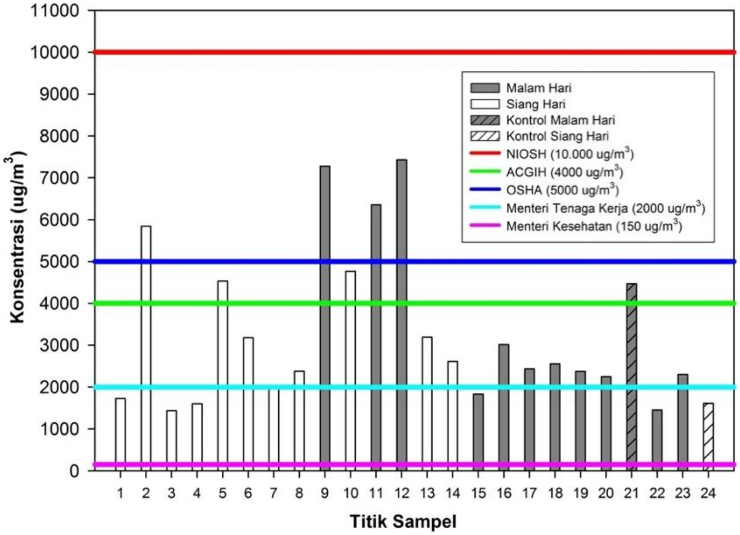
Tabel 4.3 menunjukan rata-rata nilai konsentrasi partikulat terespirasi pada siang hari dan malam hari sebesar 3,024 mg/m^3 dan 3,571 mg/m^3, untuk kontrol siang dan malam hari sebesar

1,614 mg/m^3 dan 4,469 mg/m^3. Rata-rata nilai konsentrasi siang hari lebih tinggi daripada rata-rata nilai konsentrasi kontrol siang hari, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh jumlah industri dan kendaraan bermotor dilokasi sampling non-kontrol lebih tinggi. Untuk rata-rata nilai konsentrasi unsur pada kontrol malam hari sebagian lebih tinggi daripada rata-rata nilai konsentrasi unsur pada malam hari, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh emisi dari wilayah lain yang terbawa angin.

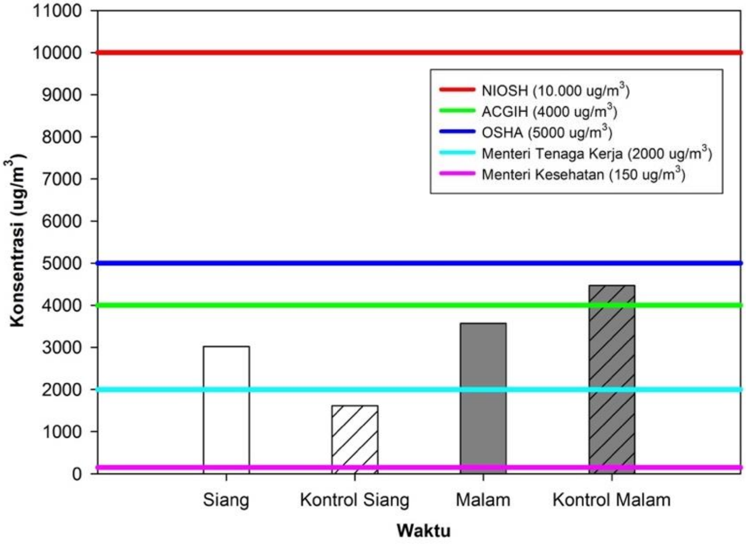
Paparan partikulat terespirasi dilokasi penelitian memiliki nilai konsentrasi yang berbeda-beda untuk setiap responden dikarenakan setiap responden mempunyai aktivitas, posisi, dan jarak dengan sumber pencemar yang berbeda-beda. Responden yang terpapar konsentrasi partikulat tinggi pada siang hari adalah pedagang kaki lima yang bekerja disebelah jalan raya, dimana jalan tersebut selalu dipenuhi oleh kendaraan bermotor yang dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi partikulat terespirasi. Sedangkan pada malam hari adalah responden satpam perumahan dan juru parkir.

Perbedaan paparan yang diterima dapat juga disebabkan karena posisi sebagai perokok pasif. Koistinen (2002) menyebutkan bahwa asap rokok adalah salah satu faktor kuat yang mempengaruhi paparan perseoragan untuk PM. Perokok aktif akan terpapar PM tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak merokok dan tidak terpapar asap rokok. Perokok pasif akan terpapar PM dua kali lebih besar dibandingkan dengan yang tidak merokok dan tidak terpapar asap rokok. Meskipun demikian perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai hubungan paparan asap rokok dan paparan partikulat terespirasi termasuk komposisi yang terkandung didalamnya.

Kemudian hasil pengukuran yang telah didapatkan dibandingkan dengan baku mutu mengenai pajanan PM_{10} terhadap pekerja.



Gambar 4.1 Perbandingan Nilai Konsentrasi Partikulat Terespirasi PM_{10} dengan Beberapa Standar Nilai Batas Pajanan



Gambar 4.2 Perbandingan Rata-rata Nilai Konsentrasi Partikulat Terespirasi PM_{10} dengan Beberapa Standar Nilai Batas Pajanan

Gambar 4.1 menunjukan nilai konsentrasi partikulat terespirasi PM_{10} pada pekerja di lingkungan kerja pada semua titik sampling pagi hari dan malam hari jika dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan Menteri Kesehatan, berada diatas baku mutu, dimana baku mutu yang ditetapkan sebesar 0,15 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 150 µg/m^3. Jika dibandingkan dengan baku mutu Menteri Tenaga Kerja yaitu 2 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 2000 µg/m^3, titik sampling 1, 3, 4, 7, 15, 22, 24 tidak melebihi baku mutu. Jika dibandingkan dengan standar ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) yang memiliki baku mutu partikulat 4 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 4000 µg/m^3, titik sampling 2, 5, 9, 10, 11, 12, 21 melebihi baku mutu. Jika dibandingkan dengan standar OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) yang memiliki baku mutu partikulat 5 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 5000 µg/m^3, titik sampling 2, 9, 10, 11, 12 melebihi baku mutu. Dan Jika dibandingkan dengan standar NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) yang memiliki baku mutu partikulat 10 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 10000 µg/m^3, semua titik sampling tidak ada yang melebihi baku mutu.

Sementara itu **Gambar 4.2** menunjukan rata-rata nilai konsentrasi partikulat terespirasi PM_{10} pada pekerja dilingkungan kerja, jika dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan Menteri Kesehatan yaitu sebesar 0,15 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 150 µg/m^3, rata-rata konsentrasi semua sampel melebihi baku mutu. Jika dibandingkan dengan baku mutu Menteri Tenaga Kerja yaitu 2 mg/m^3 atau setara dengan nilai konversi 2000 µg/m^3, hanya rata-rata konsentrasi kontrol siang hari yang tidak melebihi baku mutu. Jika dibandingkan dengan standar ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists)* yang memiliki baku mutu partikulat 4 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 4000 µg/m^3, hanya rata-rata konsentrasi kontrol malam hari yang melebihi baku mutu. Jika dibandingkan dengan standar OSHA (*The Occupational Safety and Health Administration*) yang memiliki baku mutu partikulat 5 mg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 5000 µg/m^3 dan standar NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) yang memiliki baku mutu partikulat 10 mg/m^3 atau setara dengan nilai

konversi 10000 µg/m^3, rata-rata konsentrasi semua sampel tidak ada yang melebihi baku mutu.

Jika konsentrasi PM_{10} melebihi baku mutu, akan menyebabkan beberapa gangguan kesehatan bagi manusia. Dampak jangka panjang PM_{10} dapat meningkatkan gejala gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru pada anak-anak, peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa, penurunan rata-rata tingkat harapan hidup terutama kematian yang diakibatkan oleh penyakit *cardiopulmonary* dan probabilitas kejadian kanker paru-paru (Nurjannah, 2014). WHO melaporkan bahwa di seluruh dunia diperkirakan PM_{10} menyebabkan sekitar 16% kematian akibat kanker paru-paru, 11% kematian akibat penyakit paru obstruktif kronis, dan lebih dari 20% akibat penyakit jantung iskemik dan stroke (Mursinto, 2016).

4.2 Analisis Unsur-Unsur Partikulat

Karakterisasi logam berat yang ada di dalam *particulate matter* ukuran 10 mikron (PM_{10}) dilakukan dengan menggunakan alat *Spectrometer Epsilon5 PANalytical* dengan metode XRF. Adapun hasil analisis menunjukan bahwa unsur-unsur pencemar yang terdapat pada partikulat terespirasi di sekitar Wilayah Industri Waru adalah Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Vanadium (V), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Timbal (Pb) dan Arsen (As). Rata-rata nilai konsentrasi identifikasi unsur PM_{10} dapat dilihat pada Tabel 4.4. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada **Lampiran 1.**

Tabel 4.4 Nilai Konsentrasi Unsur-Unsur Dalam Partikulat Terespirasi

Unsur	Rata-Rata Konsentrasi Siang Hari (ng/m^3)	Rata-Rata Konsentrasi Malam Hari (ng/m^3)	Konsentrasi Kontrol Siang Hari (ng/m^3)	Konsentrasi Kontrol Malam Hari (ng/m^3)
S	5061,56	3088,88	-	1680,59
K	612,53	774,87	165,14	1277,29
Ca	4723,92	4354,88	1740,49	2854,26
V	397,41	312,63	-	606,41

Unsur	Rata-Rata Konsentrasi Siang Hari (ng/m^3)	Rata-Rata Konsentrasi Malam Hari (ng/m^3)	Konsentrasi Kontrol Siang Hari (ng/m^3)	Konsentrasi Kontrol Malam Hari (ng/m^3)
Mn	171,43	118,25	105,68	199,29
Fe	4699,75	3038,71	-	4676,74
Co	-	3,35	-	3,53
Ni	36,68	37,81	21,64	80,66
Cu	-	90,08	-	37,53
Zn	404,71	372,21	185,31	491,75
Pb	233,40	333,41	59,46	400,50
As	140,10	202,68	117,46	351,63

Berdasarkan **Tabel 4.4**, rata-rata nilai konsentrasi unsur pada siang hari lebih tinggi daripada rata-rata nilai konsentrasi unsur pada kontrol siang hari, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh jumlah gas buang yang dihasilkan dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor dilokasi kontrol lebih sedikit. Untuk rata-rata nilai konsentrasi unsur pada kontrol malam hari sebagian lebih tinggi daripada rata-rata nilai konsentrasi unsur pada malam hari, hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh emisi dari wilayah lain yang terbawa angin.

Perbedaan konsentrasi partikulat terespirasi dapat terjadi karena berbagai faktor seperti keadaan meteorologi pada lokasi pengambilan sampel, pengaruh kendaraan bermotor, kegiatan industri, kegiatan konstruksi, debu tanah, debu jalan raya, dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Proses pengangkutan barang hasil produksi industri ke gudang maupun barang yang akan dipasarkan menggunakan kendaraan berbahan bakar diesel. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya

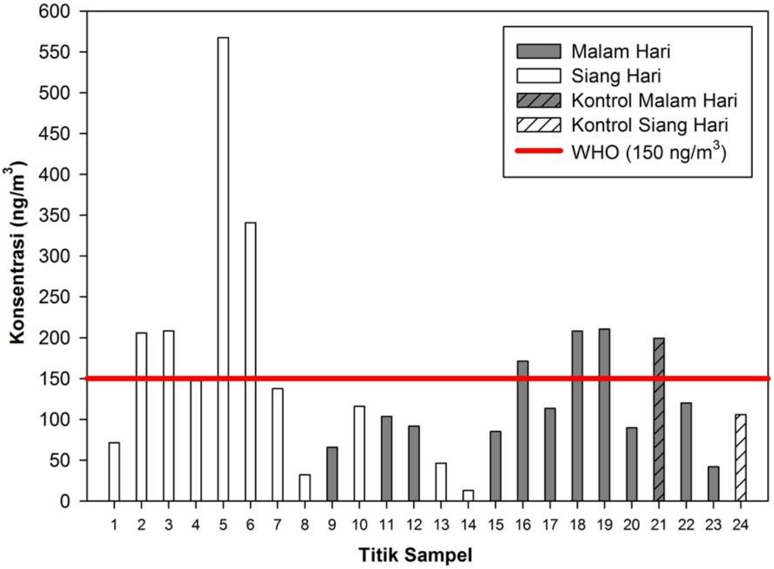
lokasi sampling yang berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling. Sebagian besar warga dikampung tersebut memproduksi benda dan alat yang terbuat dari logam.

Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata konsentrasi unsur-unsur pada partikulat terespirasi, konsentrasi unsur tertinggi pada responden siang hari adalah unsur sulfur (S) dengan rata-rata konsentrasi 5061,56 ng/m^3, unsur kalium (Ca) dengan rata-rata konsentrasi 4723,92 ng/m^3 dan unsur besi (Fe) dengan rata-rata konsentrasi sebesar 4699,750 ng/m^3, untuk unsur terendah adalah unsur arsen (As) dengan rata-rata konsentrasi 140,098 ng/m^3 dan nikel (Ni) dengan rata-rata konsentrasi 36,676 ng/m^3.

Kemudian konsentrasi unsur tertinggi pada responden malam hari adalah kalsium (Ca) dengan rata-rata konsentrasi 4354,88 ng/m^3, unsur sulfur (S) dengan rata-rata konsentrasi 3088,88 ng/m^3 dan unsur besi (Fe) dengan rata-rata konsentrasi sebesar 3038,71 ng/m^3, untuk unsur terendah adalah unsur tembaga (Cu) dengan rata-rata konsentrasi 90,08 ng/m^3 dan unsur kobalt (Co) dengan rata-rata konsentrasi 3,35 ng/m^3. Rata-rata nilai konsentrasi unsur logam jika diurutkan dari kontribusi terbesar terhadap pelepasan emisi ke lingkungan pada siang hari adalah S>Ca>Fe>K>Zn>V>Pb>Mn>As>Ni, sedangkan unsur logam yang memberikan kontribusi terbesar terhadap pelepasan emisi ke lingkungan pada malam hari adalah Ca>S>Fe>K>Zn>Pb>V>As> Mn>Cu>Ni>Co.

Menurut Sembel (2015), dari banyaknya unsur logam, enam diantaranya merupakan unsur logam utama yang sangat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, enam logam tersebut adalah Arsen (As), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Berelium (Be). Dari hasil analisa karakteristik pada penelitian ini, dari keenam logam utama, dua diantaranya terdapat dalam sampel, yaitu Arsen (As) dan Timbal (Pb).

Ada beberapa unsur kimia dalam partikulat yang memiliki baku mutu di udara ambien. Baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO) untuk unsur Mangan (Mn) sebesar 150 ng/m^3 (Theresa, 2012).

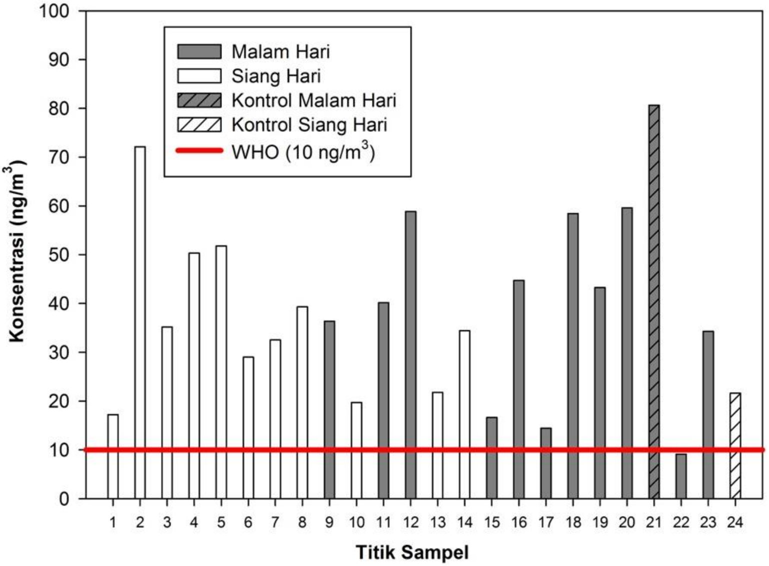


Gambar 4.3 Perbandingan Konsentrasi Unsur Mangan (Mn) dengan Baku Mutu

Gambar 4.3 menunjukan beberapa konsentrasi unsur Mangan (Mn) dari hasil pengukuran berada diatas baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO). Konsentrasi tertinggi terjadi pada titik sampel ke-5 yaitu pada tanggal 10 April 2019. Apabila konsentrasi unsur Mangan (Mn) di udara melebihi baku mutu dan terhirup kedalam tubuh manusia dapat menyebabkan parkinson, emboli paru-paru dan bronkitis. Ketika terpapar unsur mangan untuk jangka waktu lama akan menyebabkan impoten. Suatu sindrom yang disebabkan oleh mangan memiliki gejala seperti skizofrenia, kebodohan, lemah otot, sakit kepala dan insomnia (Febriani, 2016). Pada dasarnya partikulat terespirasi yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu unsur yang ada karena perbedaan metode dan waktu pengukuran. Namun demikian, informasi pada **Gambar 4.3** dapat menunjukan bahwa meskipun beberapa konsentrasi unsur Mangan (Mn) masih berada di bawah baku mutu, paparan partikulat terespirasi yang diterima pekerja di kawasan tersebut

belum tentu dikatakan baik, bahkan ada beberapa yang lebih tinggi dari konsentrasi baku mutu yang ditetapkan.

Baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO) untuk unsur Nikel (Ni) sebesar 10-50 ng/m^3 (Theresa, 2012).

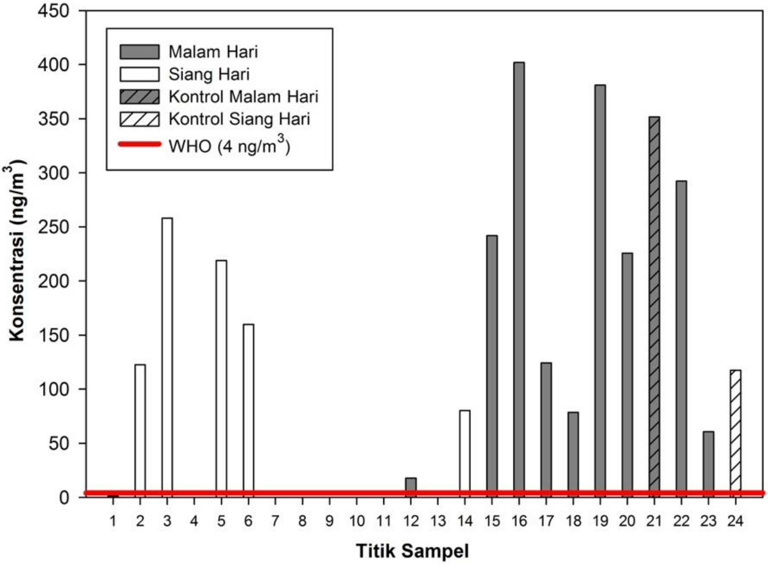


Gambar 4.4 Perbandingan Konsentrasi Unsur Nikel (Ni) dengan Baku Mutu

Gambar 4.4 menunjukan semua konsentrasi unsur Nikel (Ni) dari hasil pengukuran berada diatas baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO). Konsentrasi tertinggi terjadi pada titik sampel ke-21 yaitu pada tanggal 27 Mei 2019. Apabila konsentrasi unsur Nikel (Ni) di udara melebihi baku mutu dan terhirup kedalam tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan pernafasan, asam lambung, sakit perut, kidney (kadar protein berlebih dalam urine), kanker, dan gangguan kehamilan. Gangguan yang lebih berbahaya terhadap logam nikel adalah bronchitis kronik gangguan fungsi paru-paru dan kanker hati (Ramlawati, 2005). Pada dasarnya partikulat terespirasi yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu unsur yang ada karena perbedaan metode dan waktu pengukuran. Namun

demikian, informasi pada **Gambar 4.4** dapat menunjukan bahwa sebagian besar nilai konsentrasi unsur Nikel (Ni) berada di atas baku mutu.

Baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO) untuk unsur Arsen (As) sebesar 4-13 ng/m^3 (Theresa, 2012).

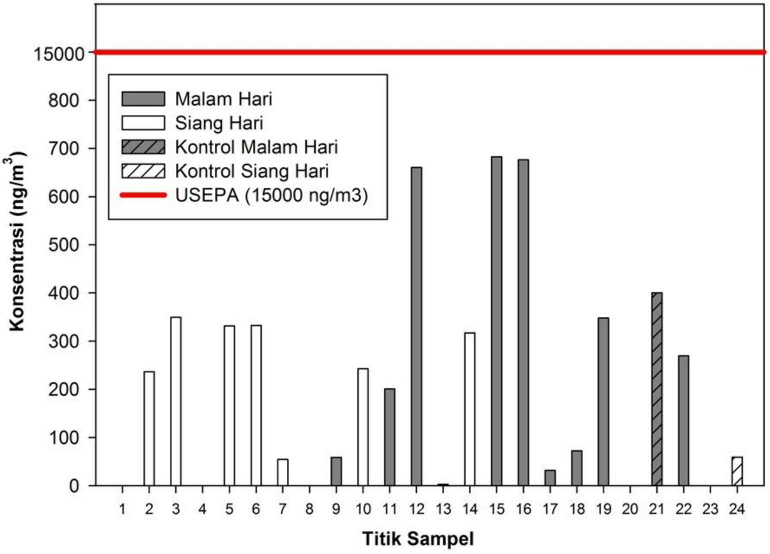


Gambar 4.5 Perbandingan Konsentrasi Unsur Arsen (As) dengan Baku Mutu

Gambar 4.5 menunjukan semua konsentrasi unsur Arsen (As) dari hasil pengukuran berada diatas baku mutu yang ditetapkan *World Health Organization* (WHO). Konsentrasi tertinggi terjadi pada titik sampel ke-16 yaitu pada tanggal 25 Mei 2019. Gejala akibat keracunan arsen diawali dengan sakit kepala kebingungan, diare, mengantuk dan bila keracunan berkembang dapat mengakibatkan konvulsi (gangguan hebat) dan perubahan pigmentasi kuku-kuku jari yang dikenal leukonychia striata (Tüzün & Karakus, 2009). Pada dasarnya partikulat terespirasi yang diperoleh tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu unsur yang ada karena perbedaan metode dan waktu pengukuran. Namun demikian, informasi pada **Gambar 4.5** dapat menunjukan bahwa

nilai konsentrasi unsur Arsen (As) pada semua titik sampel masih berada di atas baku mutu.

Unsur yang dapat dibandingkan baku mutu yang ditetapkan USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) adalah unsur Timbal (Pb), yaitu sebesar 15 µg/m^3 atau setara dengan konversi nilai 15000 ng/m^3.



Gambar 4.6 Perbandingan Konsentrasi Unsur Timbal (Pb) dengan Baku Mutu

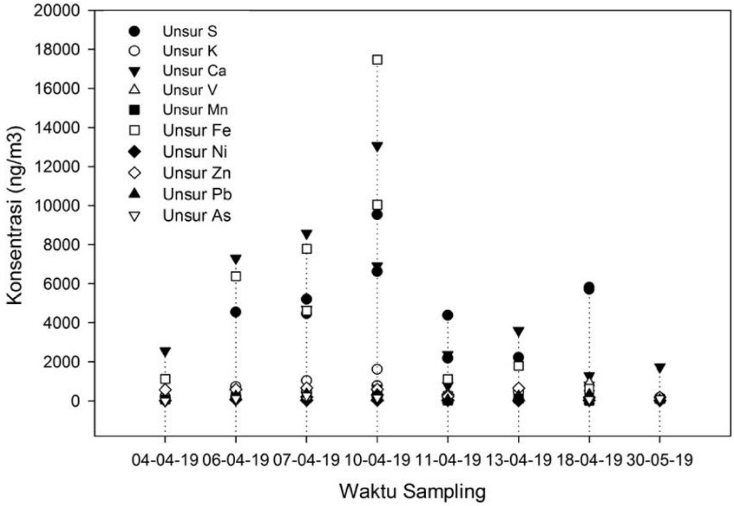
Gambar 4.6 menunjukan konsentrasi unsur Timbal (Pb) dari hasil pengukuran berada dibawah baku mutu yang ditetapkan USEPA (*United States Environmental Protection Agency*). Konsentrasi tertinggi terjadi pada titik sampel ke-15 yaitu pada tanggal 25 Mei 2019. Konsentrasi timbal (Pb) yang diterima responden masih sangat rendah namun kondisi tersebut tidak dapat diabaikan karena potensi Pb yang cukup tinggi di dalam tubuh dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan. Apabila konsentrasi unsur timbal (Pb) di udara melebihi baku mutu dan terhirup kedalam tubuh manusia dapat menyebabkan anemia, kerusakan ginjal, gangguan sistem saraf, mengganggu biosintesis hemoglobin, penurunan nilai IQ serta konsentrasi, dan

menurunkan fertilitas pria melalui perusakan sperma (Roza dkk, 2015).

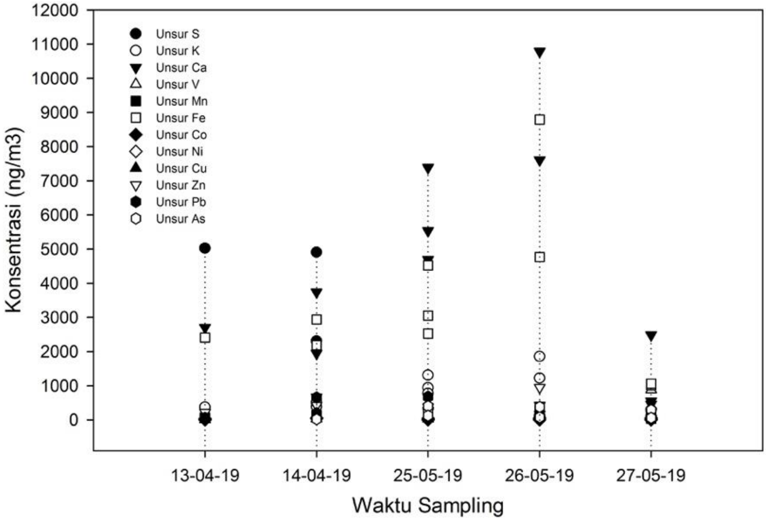
Tingkat toksisitas pada unsur berbeda-beda, rendah nya konsentrasi pada unsur tidak menandakan unsur tersebut tidak berbahaya (Mukhtar dkk, 2013).

4.3 Analisis Sumber Pencemar Partikulat

Dalam penelitian ini, analisis sumber pencemar dilakukan untuk mengetahui sumber dari unsur-unsur yang terdapat pada PM_{10} terutama logam berat. Unsur yang didapatkan pada siang hari diantaranya, Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Vanadium (V), Mangan (Mn), Besi (Fe), Nikel (Ni), Seng (Zn), Timbal (Pb) dan Arsen (As). Sedangkan unsur yang didapatkan pada malam hari diantaranya, Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Vanadium (V), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Timbal (Pb) dan Arsen (As). Sumber pencemar partikulat, ditentukan dengan cara mengkorelasikan data arah dan kecepatan angin dengan konsentrasi logam berat tertinggi pada waktu tertentu. Tabel hasil pengukuran konsentrasi unsur-unsur logam dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Dari tabel tersebut didapatkan grafik rata-rata nilai konsentrasi unsur-unsur logam berat seperti gambar berikut.



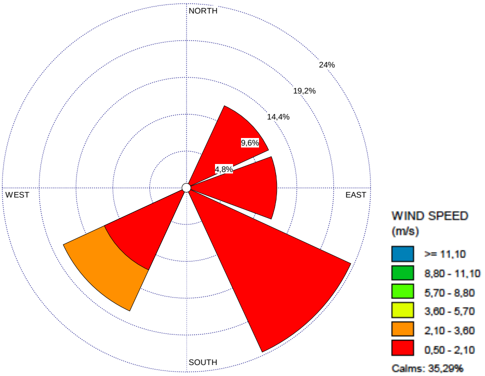
Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi Unsur Logam Berat Siang Hari



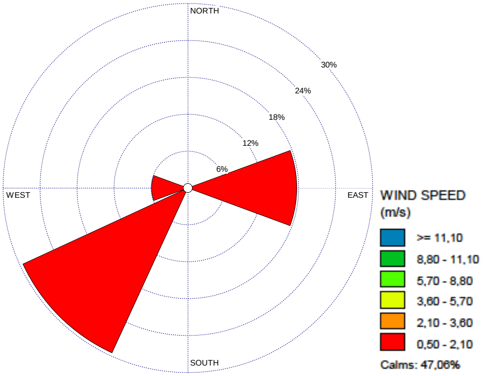
Gambar 4.8 Grafik Konsentrasi Unsur Logam Berat Malam Hari

4.3.1 Analisis Unsur Sulfur (S)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Sulfur (S) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 10 April 2019 sebesar 9523,031 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 13 April 2019 sebesar 5023,804 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10.**



Gambar 4.9 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang



Gambar 4.10 *Windrose* tanggal 13 April 2019 Malam

Berdasarkan **Gambar 4.9** dan **Gambar 4.10**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Tenggara ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Barat Daya ke Timur Laut dengan kecepatan rata-rata 0,44 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan emisi hasil pembakaran batu bara PT. X. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam.

Hal ini sejalan dengan penelitian Xiaona (2018), yang menyatakan bahwa kandungan sulfur di udara dapat berasal dari pembakaran batu bara dan emisi kendaraan bermotor. *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 siang dan tanggal 13 April 2019 malam dapat dilihat pada **Gambar 4.11 - 4.12** dan **Lampiran 7.**

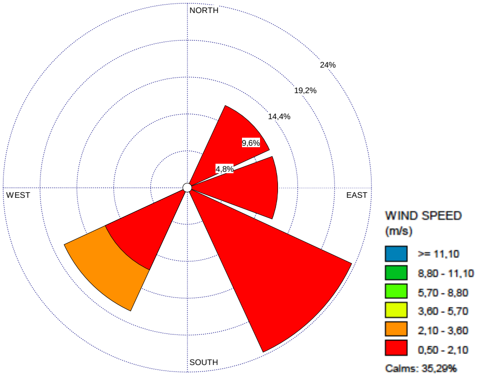
Gambar 4.11 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang

Gambar 4.12 *Overlay windrose* tanggal 13 April 2019 Malam

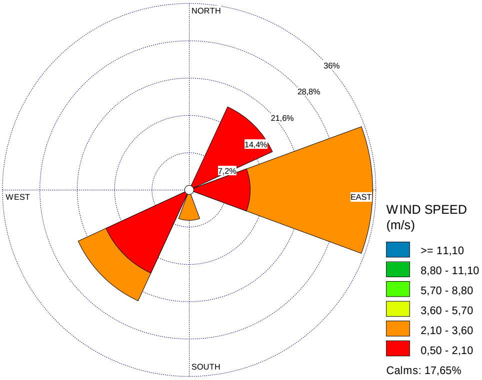
4.3.2 Analisis Unsur Kalium (K)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Kalium (K) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 10 April 2019 sebesar 1612,881 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 1856,182 ng/m^3. Arah

angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14.**



Gambar 4.13 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang



Gambar 4.14 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

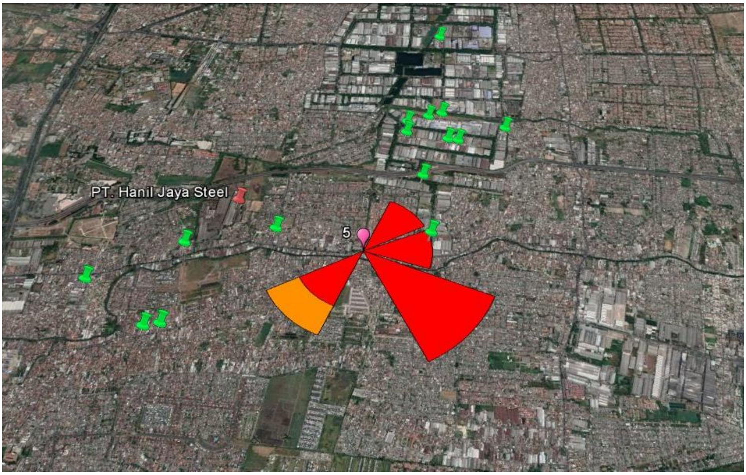
Berdasarkan **Gambar 4.13** dan **Gambar 4.14**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Tenggara ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, dan emisi yang dihasilkan pabrik di sekitar kawasan industri. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak

berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan pemukiman.

Berdasarkan hasil survei, selain adanya industri, di sebelah timur lokasi sampling terdapat lahan pertanian, untuk menghilangkan parasit pada tanah petani biasanya melakukan pembakaran lahan. Penduduk di wilayah pemukiman juga masih menggunakan proses pembakaran untuk mereduksi sampah. Faktor tersebut juga dapat dimungkinkan menjadi penyebab tinggi nya kandungan unsur Kalium (K).

Keberadaan unsur kalium (K) didalam PM_{10} merupakan indikator hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu, pembakaran semak (*biomassa*), pembakaran lahan dan emisi dari cerobong (Heo dkk, 2008). *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang dan 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.15 - 4.16** dan **Lampiran 7**.

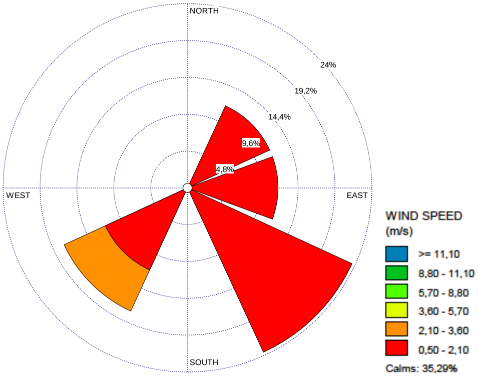


Gambar 4.15 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang

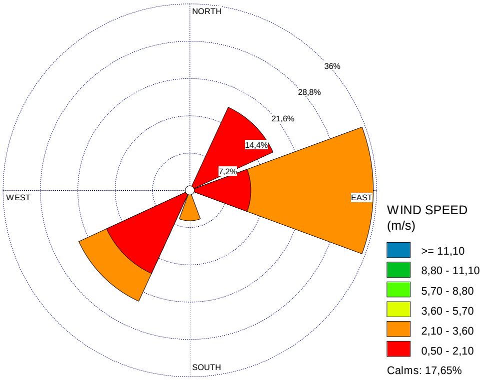
Gambar 4.16 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.3 Analisis Unsur Kalsium (Ca)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Kalsium (Ca) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 10 April 2019 sebesar 13057,739 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 10788,255 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.17** dan **Gambar 4.18.**



Gambar 4.17 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang



Gambar 4.18 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

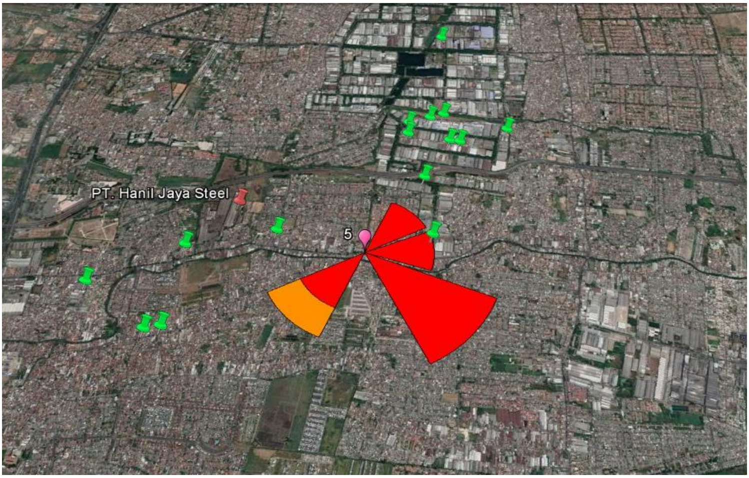
Berdasarkan **Gambar 4.17** dan **Gambar 4.18**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Tenggara ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bensin, dan PT. X yang melakukan aktivitas pengolahan dan peleburan logam. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi, selain kendaraan pengangkut barang produksi dan pemasaran, jumlah kendaraan pribadi juga cukup tinggi, hal itu disebabkan karena jalan di kawasan tersebut terhubung langsung oleh jalan tol. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling,

Unsur Kalsium (Ca) dapat berasal dari industri peleburan logam, pabrik pengolahan logam dan kendaraan bensin (Ojanen

dkk, 1998). *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang dan 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.19 - 4.20** dan **Lampiran 7**.

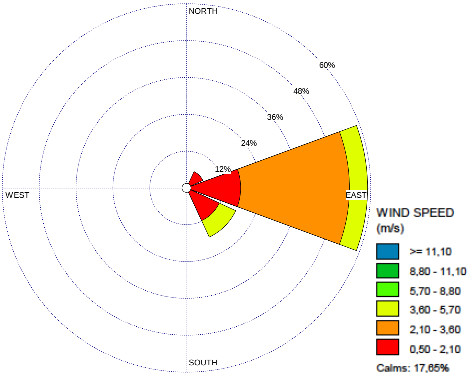


Gambar 4.19 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang

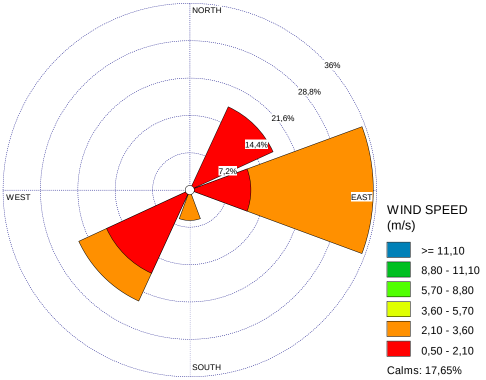
Gambar 4.20 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.4 Analisis Unsur Vanadium (V)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Vanadium (V) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 18 April 2019 sebesar 925,809 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 884,450 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.21** dan **Gambar 4.22.**



Gambar 4.21 *Windrose* tanggal 18 April 2019 Siang



Gambar 4.22 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

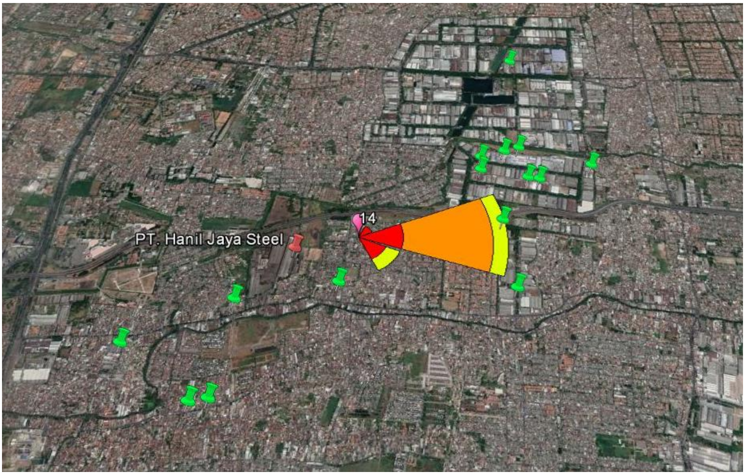
Berdasarkan **Gambar 4.21** dan **Gambar 4.22**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,93 m/s dan arah angin dominan

untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari dan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, emisi hasil pembakaran batu bara PT. X di sekitar kawasan industri dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling.

Menurut Yeung (2003), adanya kandungan unsur Vanadium (V) dianggap sebagai penanda sisa pembakaran bahan bakar batu bara atau minyak bumi. *Overlay windrose* tanggal 18 April 2019 Siang dan 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.23 - 4.24** dan **Lampiran 7.**

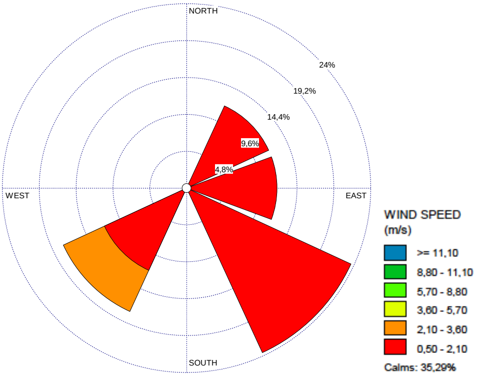


Gambar 4.23 *Overlay windrose* tanggal 18 April 2019 Siang

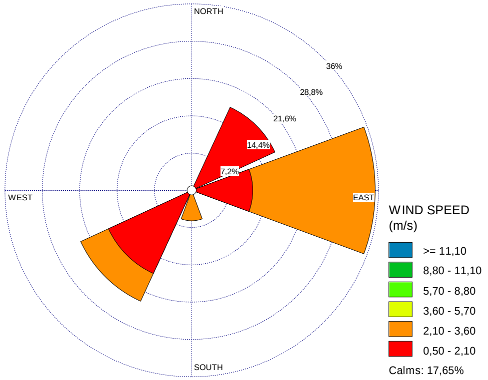
Gambar 4.24 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.5 Analisis Unsur Mangan (Mn)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Mangan (Mn) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 10 April 2019 sebesar 567,261 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 210,331 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada windrose **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26.**



Gambar 4.25 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang



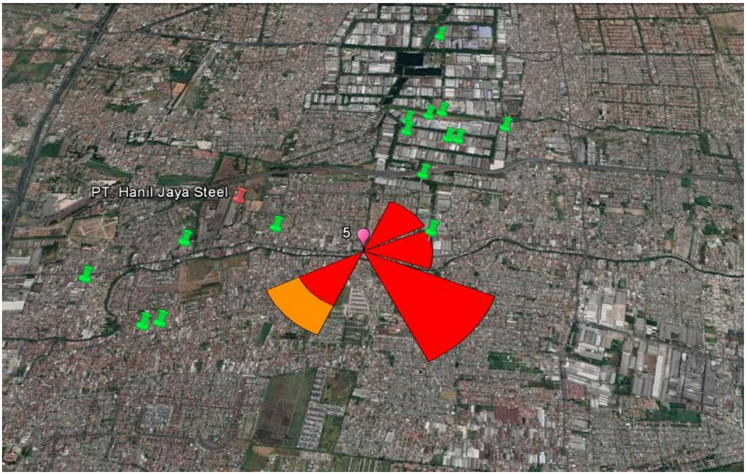
Gambar 4.26 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

Berdasarkan **Gambar 4.25** dan **Gambar 4.26**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Tenggara ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan PT. X yang melakukan aktivitas pengolahan dan peleburan logam. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam dan lahan terbuka.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam.

Menurut Santoso (2011), unsur Mangan (Mn) dapat berasal dari tanah. Penelitian yang dilakukan oleh Xinwei (2010), menyatakan unsur Mangan (Mn) dihasilkan dari pabrik besi dan baja. *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang dan 13 April 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.27 - 4.28** dan **Lampiran 7.**



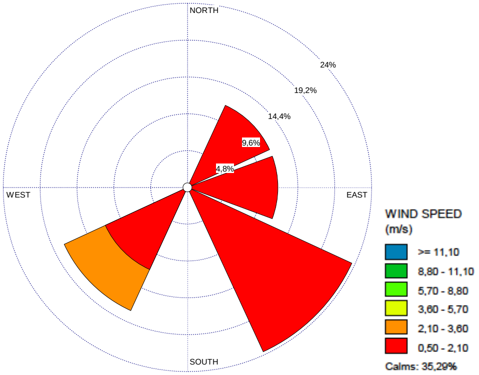
Gambar 4.27 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang

Gambar 4.28 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

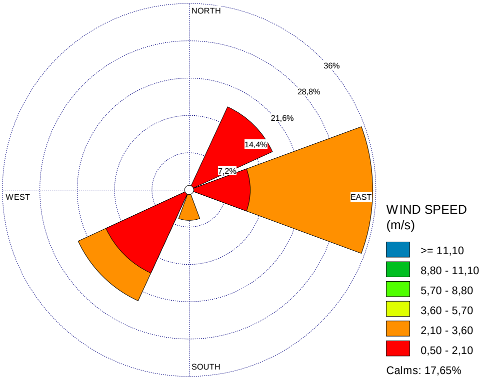
4.3.6 Analisis Unsur Besi (Fe)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Besi (Fe) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 10 April 2019 sebesar 17459,087 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 8792,245 ng/m^3.

Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada windrose **Gambar 4.29** dan **Gambar 4.30.**



Gambar 4.29 *Windrose* tanggal 10 April 2019 Siang



Gambar 4.30 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

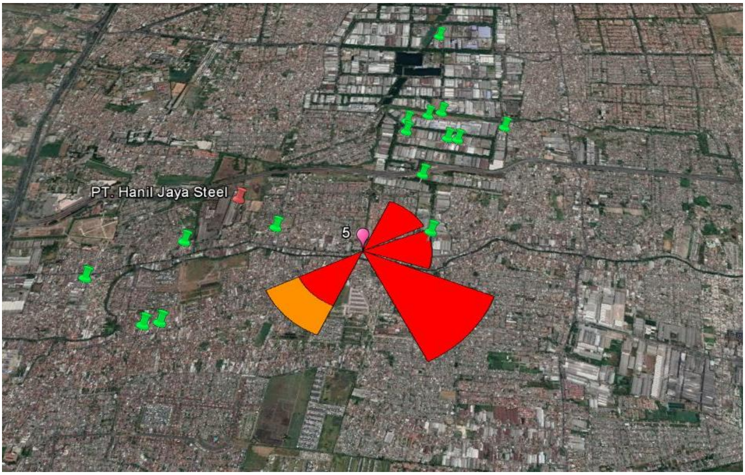
Berdasarkan **Gambar 4.29** dan **Gambar 4.30**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Tenggara ke Barat Laut dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan PT. X yang melakukan aktivitas pengolahan dan peleburan logam. Untuk probabilitas sumber

pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam dan lahan terbuka.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling, di sebelah timur lokasi sampling terdapat lahan pertanian, untuk menghilangkan parasit pada tanah petani biasanya melakukan pembakaran lahan. Penduduk di wilayah pemukiman juga masih menggunakan proses pembakaran untuk mereduksi sampah. Faktor tersebut juga dapat dimungkin menjadi penyebab tinggi nya kandungan unsur Besi (Fe).

Unsur besi (Fe) dapat berasal dari industri pengolahan dan peleburan besi, pembakaran biomass, pembakaran batu bara, pembakaran minyak bumi dari kendaraan bermotor dan juga dapat berasal dari tanah (Wang dkk, 2015). *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang dan 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.31 - 4.32** dan **Lampiran 7.**

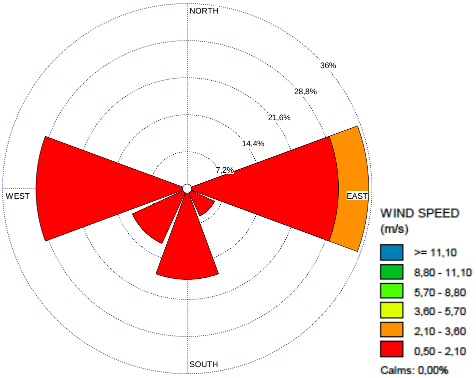


Gambar 4.31 *Overlay windrose* tanggal 10 April 2019 Siang

Gambar 4.32 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.7 Analisis Unsur Kobalt (Co)

Berdasarkan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Kobalt (Co) pada sampel malam hari terjadi pada tanggal 25 Mei 2019 sebesar 4,563 ng/m^3. Arah angin dominan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.33.**



Gambar 4.33 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

Berdasarkan **Gambar 4.33** arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,44 m/s.

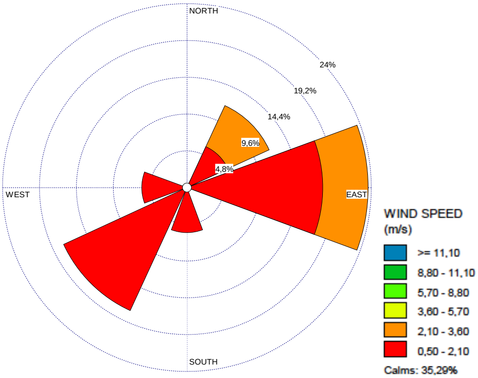
Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan PT. X yang melakukan aktivitas pengolahan dan peleburan logam. Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi.

Unsur Kobalt (Co) dapat berasal dari industri pengolahan logam, peleburan logam dan produksi logam (Goldoni, 2004; De Palma dkk, 2010; Hutter dkk, 2016). Selain itu menurut Yokota (2017), unsur Kobalt (Co) dapat berasal dari pabrik baterai. *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.34** dan **Lampiran 7.**

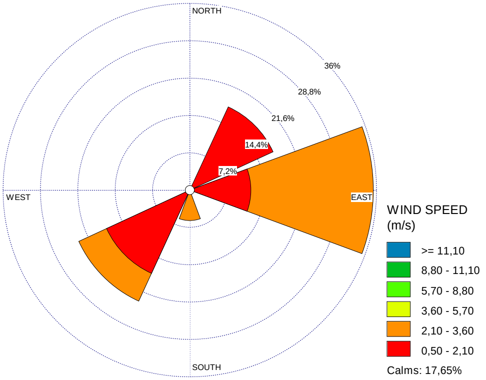
Gambar 4.34 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

4.3.8 Analisis Unsur Nikel (Ni)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Nikel (Ni) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 06 April 2019 sebesar 72,122 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 59,611 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.35** dan **Gambar 4.36.**



Gambar 4.35 *Windrose* tanggal 06 April 2019 Siang



Gambar 4.36 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

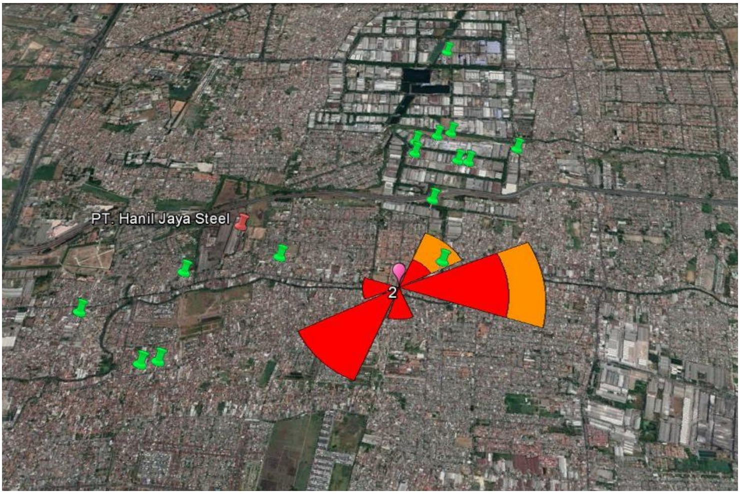
Berdasarkan **Gambar 4.35** dan **Gambar 4.36**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan emisi hasil pembakaran batu bara PT. X di sekitar kawasan industri. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling.

Adanya kandungan unsur Nikel (Ni) dianggap sebagai penanda pembakaran bahan bakar batu bara atau minyak bumi yang dihasilkan industri dan pembakaran limbah (Jeong dkk., 2017). *Overlay windrose* tanggal 06 April 2019 Siang dan 26 Mei

2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.37 - 4.38** dan **Lampiran 7.**

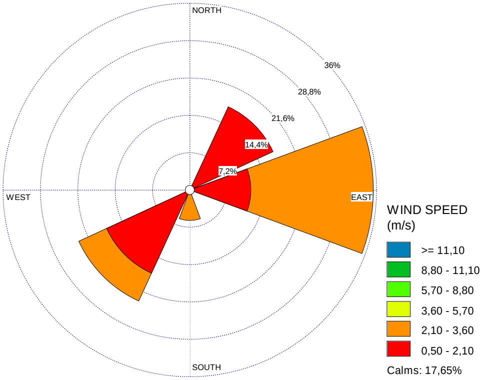


Gambar 4.37 *Overlay windrose* tanggal 06 April 2019 Siang

Gambar 4.38 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.9 Analisis Unsur Tembaga (Cu)

Berdasarkan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Tembaga (Cu) pada sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 193,846 ng/m^3. Arah angin dominan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.39.**



Gambar 4.39 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

Berdasarkan **Gambar 4.39** arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan PT. X yang melakukan aktivitas pengolahan logam. Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Jenis kendaraan yang digunakan untuk menunjang aktivitas produksi ataupun pemasaran industri adalah jenis truk kontainer dan truk trailer.

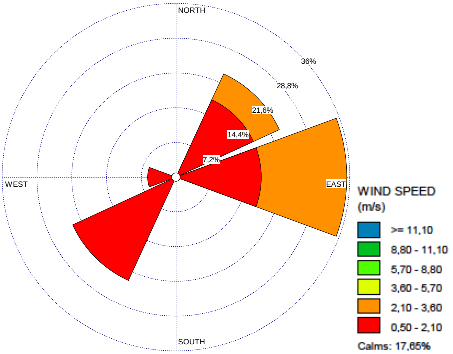
Menurut Walcek (2003), unsur tembaga (Cu) dapat berasal dari korosi bagian logam mobil, keausan mesin, emisi industri dan insenerator. Unsur (Cu) juga dapat berasal dari pelumas kendaraan, oksidasi minyak pelumas pada saat terpapar ke udara pada suhu tinggi menghasilkan pembentukan senyawa organik yang bersifat korosif terhadap logam (Al-Khashman, 2007).

Overlay windrose tanggal 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.40** dan **Lampiran 7.**

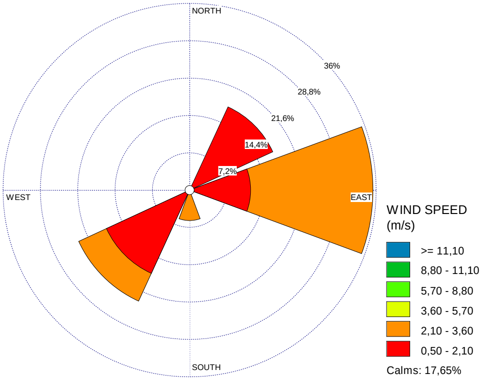
Gambar 4.40 *Overlay windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

4.3.10 Analisis Unsur Seng (Zn)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Seng (Zn) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 07 April 2019 sebesar 657,339 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 26 Mei 2019 sebesar 952,598 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.41** dan **Gambar 4.42.**



Gambar 4.41 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang

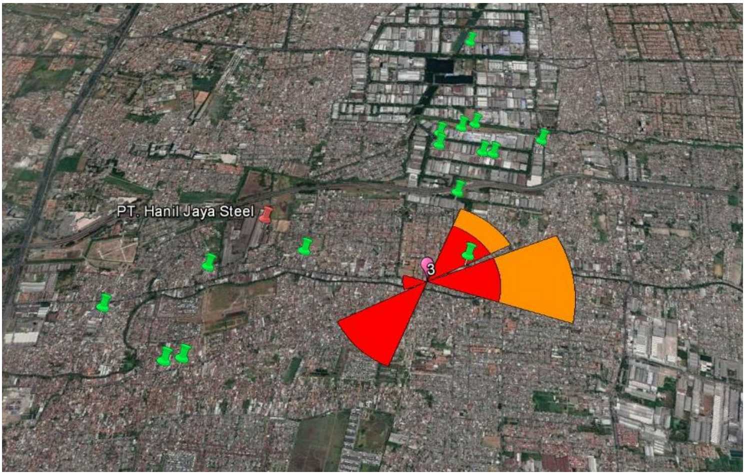


Gambar 4.42 *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

Berdasarkan **Gambar 4.41** dan **Gambar 4.42**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 1,32 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari dan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel, PT. X yang melakukan aktivitas peleburan logam dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Dimana hal ini sejalan dengan penelitian Dallmann (2014), yang menyatakan bahwa unsur Zn dapat dimungkinkan berasal dari kendaraan bermesin diesel, industri dan insenerator. Unsur Zn juga dapat berasal dari keausan ban kendaraan dan korosi pada bagian kendaraan yang digalvanis (Li, 2001). *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang dan 26 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.43 - 4.44** dan **Lampiran 7.**



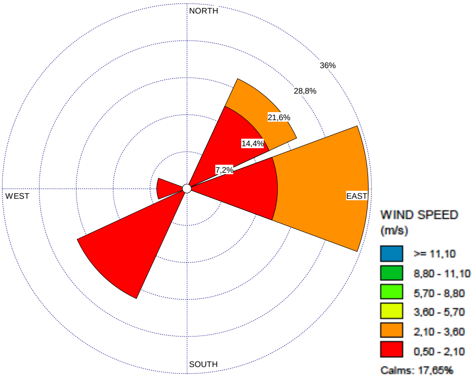
Gambar 4.43 Overlay *windrose* tanggal 07 April 2019 Siang

Gambar 4.44 Overlay *windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

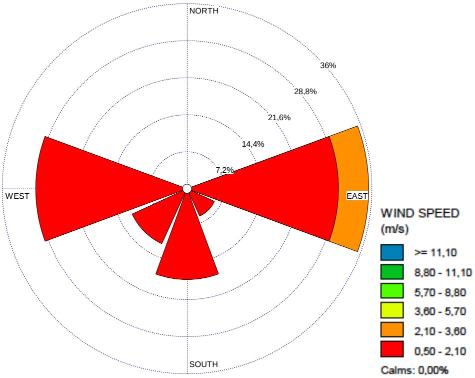
4.3.11 Analisis Unsur Timbal (Pb)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Timbal (Pb) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 07 April 2019 sebesar 349,423 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 25 Mei 2019 sebesar 682,656 ng/m^3. Arah

angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.45** dan **Gambar 4.46.**



Gambar 4.45 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang



Gambar 4.46 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

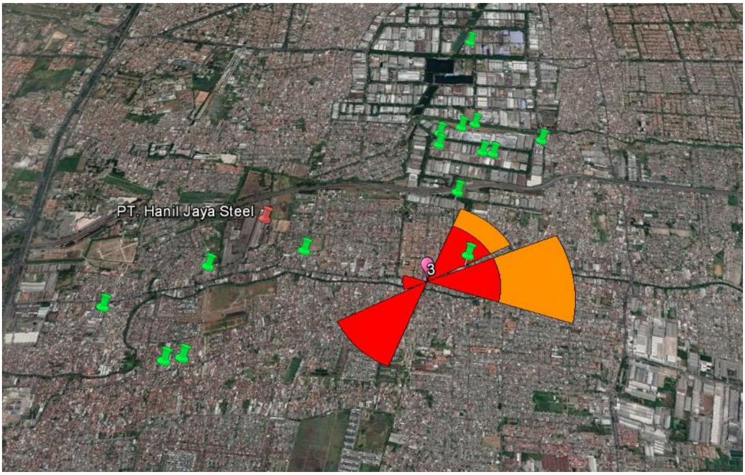
Berdasarkan **Gambar 4.45** dan **Gambar 4.46**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,44 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan emisi dari PT. X. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah

angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling.

Dimana hal ini sejalan dengan penelitian Santoso (2011), yang menyatakan bahwa konsentrasi unsur logam berat Pb dalam PM berasal dari aktivitas industri peleburan logam. Dan menurut (Xinwei dkk, 2009) unsur timbal (Pb) berasal dari kegiatan industri dan emisi otomotif. *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang dan 25 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.45 - 4.46** dan **Lampiran 7.**

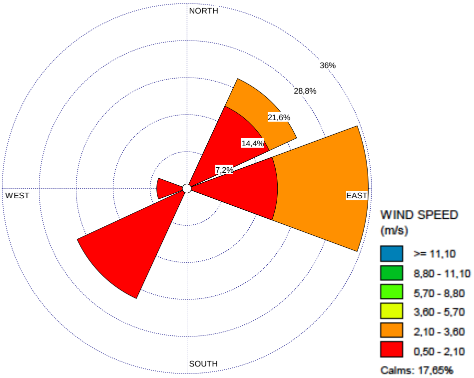


Gambar 4.45 *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang

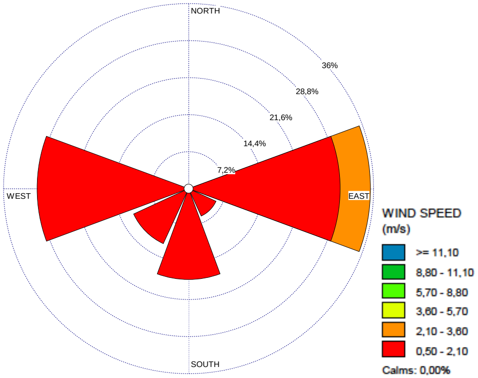
Gambar 4.46 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

4.3.12 Analisis Unsur Arsen (As)

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Gambar 4.8** nilai konsentrasi tertinggi unsur Arsen (As) pada sampel siang hari terjadi pada tanggal 07 April 2019 sebesar 258,020 ng/m^3. Sampel malam hari terjadi pada tanggal 25 Mei 2019 sebesar 401,969 ng/m^3. Arah angin dominan sampel siang hari dan sampel malam hari dapat dilihat pada *windrose* **Gambar 4.47** dan **Gambar 4.48.**



Gambar 4.47 *Windrose* tanggal 07 April 2019 Siang



Gambar 4.48 *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

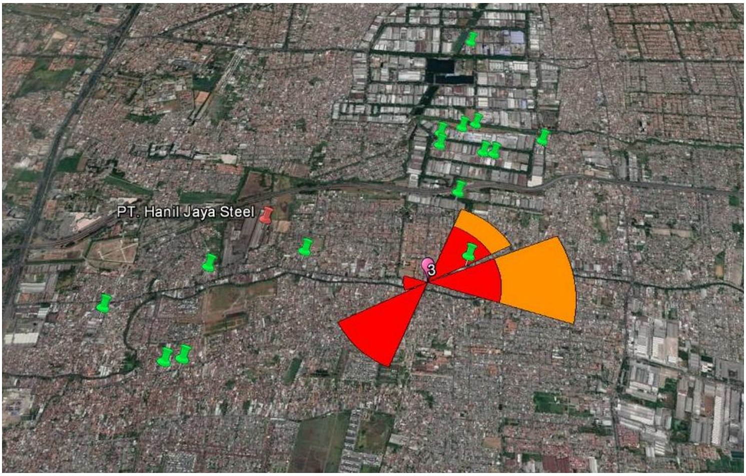
Berdasarkan **Gambar 4.47** dan **Gambar 4.48**, arah angin dominan untuk sampel siang hari berasal dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,79 m/s dan arah angin dominan untuk sampel malam hari berasal dari dari Timur ke Barat dengan kecepatan rata-rata 0,44 m/s.

Probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan siang hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor, kendaraan diesel dan emisi dari PT. X. Untuk probabilitas sumber pencemar yang terletak berdasarkan arah angin dominan malam hari berasal dari aktivitas kendaraan bermotor dan emisi hasil pembakaran dari UKM pengolahan logam.

Berdasarkan hasil survei, di sekitar lokasi sampling terdapat dua kawasan industri, yaitu Kawasan Industri Brebek dan Kawasan Industri SIER. Kedua kawasan tersebut termasuk kawasan yang memiliki tingkat mobilisasi kendaraan yang tinggi. Selain berbagai macam industri besar, di sekitar lokasi sampling juga terdapat kampung logam. Letak kampung tersebut berada di sebelah Barat hingga Barat Daya lokasi sampling dan berjarak sekitar 1-3 kilometer dari lokasi sampling.

Unsur Arsen (As) dapat berasal dari limbah pembuangan dan kolam sedimen. Adanya instalasi pengolahan limbah di Kawasan Industri baik milik masing-masing industri maupun kawasan, mampu menyumbang konsentrasi arsen ke dalam lingkungan (Eude dkk., 2003). Unsur Arsen (As) juga bagian dari

emisi yang dikeluarkan industri dan kendaraan bermotor (Xinwei, 2010). *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang dan 25 Mei 2019 Malam dapat dilihat pada **Gambar 4.49 - 4.50** dan **Lampiran 7**.



Gambar 4.49 *Overlay windrose* tanggal 07 April 2019 Siang

Gambar 4.50 *Overlay windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian tentang paparan partikulat terespirasi ini, maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Pekerja yang berada di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo telah terpapar logam berat. Hal tersebut dapat dilihat dari rata-rata konsentrasi partikulat terespirasi yang sudah melebihi baku mutu. Rata-rata nilai konsentrasi partikulat terespirasi pada siang hari dan malam hari sebesar 3,024 mg/m^3 dan 3,571 mg/m^3.
2. Partikulat terespirasi pada siang hari dan malam hari di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo memiliki kandungan unsur Sulfur (S), Kalium (K), Kalsium (Ca), Vanadium (V), Mangan (Mn), Besi (Fe), Nikel (Ni), Seng (Zn), Timbal (Pb) dan Arsen (As). Namun pada saat malam hari terdapat juga unsur Kobalt (Co) dan Tembaga (Cu).
3. Sumber pencemar logam berat berdasarkan arah dan kecepatan angin dominan di sekitar kawasan Industri Waru, Sidoarjo berasal dari arah timur, yang bersumber dari emisi aktivitas industri maupun kendaraan bermotor.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar mengukur konsentrasi $PM_{2,5.}$
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan kajian terkait pengendalian pencemaran udara untuk mereduksi logam berat dalam PM_{10}.
3. Hasil menunjukan nilai konsentrasi pada sampel kontrol logam berat sudah cukup tinggi, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kualitas udara di wilayah kontrol.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, E.F., Santoso, M. 2016. Analisis karakterisasi Konsentrasi dan Komposisi Partikulat Udara (Studi case: Surabaya). Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia. Vol. 2, No. 2 hal. 97-103.

Al-Khashman, O.A. 2007. Determination of metal accumulation in deposited street dusts in Amman Jordan. Environ. Geochem. Health 29 1–10.

Arianto, M.A., Ramadhan, D.A. 2015. Gambaran Konsentrasi Pajanan Personal PM_{10} Dan $PM_{2,5}$ Pada Polisi Sat-Gatur Polda Metro Jaya Di Pos Polisi Pancoran, Kuningan Dan Semanggi DKI Jakarta Tahun 2015. Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia.

Assabraini, S., Ryied, S. 2013. Konsentrasi *Particulate Matter* dan Faktor Yang Mempengaruhi Keadaan Udara di Kota Madya Pekanbaru Menggunakan Ambient Dust Analyzer. Jurnal Universitas Riau.

Burnett, R.T., Pope, C.A., Ezzati, M., Olives, C., Lim, S.S., Mehta, S., Shin, H.H., Singh, G., Hubbell, B., Brauer, M. 2014. An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure. Environ Health Perspect. 122, 397.

Badan Pusat Statistik. 2018. Kecamatan Waru dalam Angka 2018. Waru: BPS.

Cahyadi, W. 2016. Identifikasi dan Pengukuran Kandungan Logam Berat Terespirasi Pada Anak-Anak Di Area Pendaur Ulang Sampah Elektronik (*E-Waste*) Di Kecamatan Astana Anyar, Kota Bandung. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan. FTSL. ITB*.

Cahyadi, W., Basir, A., Eko, S., Fakhrur, R. 2016. Pengaruh Faktor Meteorologis Dan Konsentrasi Partikulat (PM10) Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) (Studi Kasus Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru Tahun 2014-2015). EnviroScienteae : Volume 12 Nomor 3.

California Enviromenal Protection Agency. 2001. A Guide to Health Risk Assessment. Sacramento. California.

Chong, N.S., Sivaramakrishnan, K., Marion, W. 2002. Characterization of Inhalable Particulate Matter in Ambient Air by Scanning Electron Microscopy and Energy-dispersive X-ray Analysis. Electronic Journal of Environmental, Agricultural, and Food Chemistry. 1 (3), 145-164.

Crouse, D.L., Peters, P.A., van Donkelaar, A., Goldberg, M.S., Villeneuve, P.J., Brion, O., Khan, S., Atari, D.O., Jerrett, M., Pope III, C.A. 2012. Risk of Nonaccidental and Cardiovascular Mortality In Relation to Long-Term Exposure to Low Concentrations of Fine Particulate Matter: A Canadian National-Level Cohort Study. Environ Health Perspect. 120, 708.

Cohen, D. 2005. Notes for IAEA Fingerprinting, Source Apportioment of Air Pollution Workshop CIAE. Beijing, China.

Cooper, C.D. dan Alley, F.C. 2011. *Air Pollution Control, A Design Approach, 3rd*. USA: Waveland Press.

Cavanagh, J. E. 2006. Potential of vegetation to mitigate road-generated air pollution: Part I - Review of Background Information. Landcare Research. Lincoln: Landcare Research Ltd.

Dallmann, T.R., Onasch, T.B., Kirchstetter, T.W., Worton, D.R., Fortner EC, Herndon SC, Wood EC, Franklin JP, Worsnop DR, Goldstein AH, and Harley RA. 2014. Characterization of particulate matter emissions from on-road gasoline and diesel vehicles using a soot particle aerosol mass spectrometer. Atmos. Chem. Phys. 14: 7585–7599

De, Y.B., Koistinen, K., Yli-Tuomi, T., Kephalopoulos, S., Jantunen M. 2006. A review of source apportionment techniques and marker substances, Available for Identification of personal exposure indoor and outdoor sources of chemicals. European Commission Directorate General Joint Research Center. Italy

De Palma, G., Manini, P., Sarnico, M. 2010. Biological monitoring of tungsten (and cobalt) in workers of a hard metal alloy industry. Int Arch Occup Environ Health. 83(2):173-181.

Uede, K., dan Furukawa, F. 2013. Skin Manifestations in Acute Arsenic Poisoning from The Wakayama Curry-Poisoning Incident. Br.J. Dermatol Volume 149 Nomor 4.

Eka, D.S. 2009. Hubungan Antara Paparan Debu Dengan Kejadiaan ISPA. Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Indonesia. Depok.

Febriani, F. 2016. Unsur Mangan (Mn). Kepulauan Riau: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Martitim Raja Ali Haji.

Foster, S.E. 1994. Human Intake in Toxic Air Pollution Handbook, Bab 13. New York, 249-262.

Forsydke, A.G. 1970. Meterological Factor in Air Pollution. *World Meteorology Organization*. Technical Note 114.

Goldoni, M., Catalani, S., De Palma, G, dkk. 2004. Exhaled breath condensate as a suitable matrix to assess lung dose and effects in workers exposed to cobalt and tungsten. Environ Health Perspect. 112(13):1293-1298.

Haywood dan Boucher. 2000. Estimates of The Direct and Indirect Radiative Forcing Due to Tropospheric Aerosol. *Geophysic*. 38(4) 513- 543.

Health, C. 2005. Priority Substance List Assessment Report for Respirable Particulate Matter. Environmental Workplace and Health.

Heo, J.B., Hopke, P.K., Yi, S.M. 2008. Source apportionment of PM2.5 in Seoul, Korea. Atmos. Chem. Phys. Discuss. 8, 20427-20461.

Hutter, H.P., Wallner, P, Moshammer, H. 2016. Dust and Cobalt Levels in the Austrian Tungsten Industry: Workplace and Human Biomonitoring Data. Int J Environ Res Public Health. 13(9):931.

Janssen, N.A. 2005. Associations Between Ambient, Personal, and Indoor Exposure to Fine Particle Matter Constituents in Dutch and Finnish Panels of Cardiovascular Patients, Original Article. *Environ Health Perspect*. 62, 868-877.

Jayamurugan, R., Kumaravel, B., Palanivelraja, S. and Chockalingam, M.P. 2013. Influence of Temperatur, Relative Humidity and Seasonal Variability on Ambient Air Quality in a Coastal Urban Area. International Journal of Atmospheric Sciences. Vol. 2013.

Jeong, J.H., Shon, Z.H., Kang, M., Song, S.K., Kim, Y.K., Park, J., Kim, H. 2017. Comparison of source apportionment of

PM2.5 using receptor models in the main hub port city of East Asia: Busan. Atmos. Environ. 148, 115-127.
Khariza, D.S. 2015. Sebaran Partikulat (PM_{10}) Pada Musim Kemarau Di Kabupaten Tangerang dan Sekitarnya. Departemen Geofisika Dan Meteorologi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
Kim, K.H., Kabir, E., Kabir, S. 2015. A Review on The Human Health Impact of Airborne Particulate Matter. Environ. 74, 136–143.
Koistinen, K. 2002. Exposure og an Urban Adult Population to $PM_{2,5}$*. Academic Dissertation*. University of Kuopio Finland, 15-66.
Latifah, Nur Rakhmah. 2018. Analisis Karakteristik Logam Berat dalam Particulate Matter 10 Mikron (PM10) di Kawasan Industri Medan (KIM) Tahap I. Departemen Teknik Lingkungan. Universitas Sumatera Utara.
Mauliadi, Y.D. 2004. Identifikasi Sumber Pencemar Partikel Halus dan Partikel Kasar di Kota Bandung Menggunakan Analisis Faktor. Tugas Akhir Program Sarjana Teknik Lingkungan. FTSL. ITB.
Manahan, S.E. 2000. *Environmental Chemistry, 7th Edition.* Boca Raton: Lewis Publisher.
Mukhtar, Rita, Hari, W., Esrom, H., Susy, L., Muhyatun, S., Diah, D. L., Syukria, K. 2013. Kandungan Logam Berat dalam Udara Ambien pada Beberapa Kota di Indonesia. Jurnal Ecolab: Volume 7 Nomor 2.
Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., Darminto. 2012. Uji XRD dan XRF Pada Bahan Mineral (Batuan dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas ($CaCO_3$ dan SiO_2). JPFA. 2(1): 20-9.
Mursinto, Djoko, Deni, K. 2016. Estimasi Dampak Ekonomi Dari Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan di Indonesia. Jurnal Kesehatan Masyarakat: ISSN 1858-1196.
Norbeck, J.M., Durbin, T.D., Truex, T.J. 1998. Final Report for: Measurement of Primary Particulate Matter Emissions from Light-Duty Motor Vehicles, CRC Project No. E-24-2.Center for Environmental Research and Technology College of Engineering University of California (USA).

Nurjanah, Lily K., Abdun, M., A. 2014. Gangguan Fungsi Paru dan Kadar Continine pada Urin Karyawan yang Terpapar Asap Rokok Orang Lain. Jurnal Kesehatan Masyarakat : Volume 10 Nomor 1.

Ojanen, C., Pakkanen, T., Aurela, M., Mäkelä, T., Meriläinen, J., Hillamo, R., Aarnio, P., Koskentalo, T., Hämekoski, K., Rantanen L., Lappi, M. 1998. Size distribution, composition and sources of inhalable particles in the Helsinki metropolitan area. Helsinki Metropolitan Area Council, Publication Series C1998(7).

OSHA. 1989. *Particulates (Not Otherwise Regulated).* United States.

Pope III, C.A., Dockery, D.W. 2006. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution. *Air Waste Manage*. 56, 709–742.

Pope III, C.A., Burnett, R.T., Turner, M.C., Cohen, A., Krewski, D., Jerrett, M., Gapstur, S.M., Thun, M.J. 2011. Lung Cancer and Cardiovascular Disease Mortality Associated with Ambient Air Pollution and Cigarette Smoke. *Environ Health Perspect*. 119, 1616.

Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan. 2010. Laporan Kajian Timbal di Serpong Tangerang dan Sekitarnya Tahun 2010. Kementerian Lingkungan Hidup. Kawasan Puspiptek Serpong.

Ramlawati. 2005. *Kimia Anorganik Fisik*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Makassar.

Riad, S., Usman, M., Riska, F. 2017. Analisis Pengaruh Partikulat Matter PM10 Terhadap Suhu, Kelembaban Udara Dan Kecepatan Angin Di Daerah Kulim Kota Pekanbaru. Program Studi S1 Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: Universitas Riau Kampus Bina Widya.

Roza, Vivi, Mirna Ilza, Sofia Anita. 2015. Korelasi Konsentrasi Particulate Matter (PM10) di Udara dan Kandungan Timbal (Pb) dalam Rambut Petugas SPBU di Kota Pekanbaru. Dinamika Lingkungan Indonesia: Volume 2 Nomor 1.

Samet J.M., Zeger S.L., Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery D.W., Schwartz J, Zanobetti A. 2000. The National morbidity, mortality, and air pollution study. Part II: morbidity and mortality from air pollution in the United States. Research Reports of the Health Effects Institute. 94:5–70.

Santoso, M., Diah., D.L., Achmad, H., Lenny, K. 2006. Konsentrasi $PM_{2,5}$ dan PM_{10} Udara Ambien di Bandung dan Lembang Tahun 2000-2006. Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri-BATAN, Bandung.

Santoso, M., Lestiani D.D. 2014. Application of ED XRF in Supporting National Program of Air Quality Improvement In Indonesia, XRF Newsletter. No. 26.

Santoso, M., Lestiani DD, Hopke PK. 2013. Atmosfir Black Carbon in PM 2,5 in Indonesian Cities. *Journal of the Air & Waste Management Association.* 63(9): 1022-1025.

Santoso, M., Lestiani, D.D., Mukhtar, R., Hamonangan, E., Syafrul H., Andreas, M.A., Hopke, P.K. 2011. *Preliminary study of the sources of ambient air pollution in Serpong*, *Indonesia*. Atmospheric Pollution Research. 2(2011)190-196.doi: 10.5094/APR.2011.024

Santoso, M., Sutisna. Taftazani, A. Darsono. Mulyaningsih, R., Lestiani, DD., Damastuti, E. Kurniawati, S. 2010. Peran Teknik Analisis Nuklir dalam Kesehaan dan Lingkungan. *Seminar Nasional Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan VI.* Jakarta.

Seinfeld, J.H. 1986. Atmospheric Chemisrty and Physics of Air Pollution. INC., New York.

Seinfeld, J.H., Pandis, S. N. 2012. Atmospheric Chemistry and Physics. *Air Pollution to Climate Change 2nd Edition*. New York.

Sembel, D.T. 2015. Toksikologi Lingkungan. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara. Kumpulan Karya Ilmiah*. Bandung: ITB.

Soemirat. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.

Sastrawijaya, A. 2009. Pencemaran Lingkungan. PT. Rineka Cipta, Jakarta.

Stull, R., B. 2000. Meteorology for Scientists and Engineers. 2nd Edition, Brooks/Cole Thomson Learning, Pacific Grove.

Suryani S., Gunawan, Upe A. 2010. Model Sebaran Polutan SO_2 pada Cerobong Asap PT. Semen Tonasa. Kongres dan Seminar Nasional Badan Koordinasi Pusat Studi Lingkungan Hidup se-Indonesia ke XX. Pekanbaru : 14-16 Mei 2010.

Theresa, F, Eric, A., Betterton, Ann Marie A. 2012. Wolf "Ambient PM10 and Metal Concentrations Measured in the Sunnyside Unified School District, Tucson, Arizona". Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science, 43(2), 67-76.

Tjasjono, B. 1999. *Klimatologi Umum.* Bandung: Penerbit ITB.

Tüzün, Y., Karakus. 2009. Leukonychia. J Turk Acad Dermatol. 2009; 3 (1): 93101 US. Consumer Product Safety Commission. 4 June 2010. McDonald's Recalls Movie Themed Drinking Glasses Due to Potential Cadmium Risk, Varma, Soil Heavy Metals, Springer Verlag Berlin, pp. 431-78.

US EPA. 1999. Air Quality Criteria for Particulate Matter Vol 1, EPA 600/P-99/0024.

Wang, Y., Balkanski, O., Boucher, L., Bopp, A., Chappell, P., Ciais, D., Hauglustaine, J., Peñuelas and S. Tao. 2015. Sources, transport and deposition of iron in the global atmosphere. Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement. CEA CNRS UVSQ. Gif-sur-Yvette, France.

Wark, K., Warner, C.F.1981. Air Pollution: Its Origin and Control, Second Edition. Harper & Row Publishers, New York.

WHO. 2007. Health Risks of Heavy Metals from Longrange Transboundary Air Pollution. *Joint WHO Convention Task Force on the Health Aspects of Air Pollution.*

Wibawa, K. 2008. Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Debu Terhadap Nilai FEVIO Pekerja di Lingkungan Kerja PT. X. *Tesis Master Teknik Lingkungan. FTSL. ITB.*

World Bank. 2003. The Science of Health Impacts of Particulate Matter, Energy Sector Management Assistance Programme (ESMAP) South Asia Urban Air Quality Management Briefing, UNDP, Note No.13.

X.D. Li, C. Poon, P.S. Liu. 2001. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong, Appl. Geochem. 16 1361–1368.

Xiaona, S., Kai, Z., Fan, M., Shihao, W., Meehye, L., Inseon, S., Daigon, K., Kwonho, J., Hyunju, P., Xuezhong, W., Yuxi, Z. 2018. Characteristics and source apportionment of fine haze aerosol in Beijing during the winter of 2013. Department of Earth & Environmental Sciences. Korea University. Seoul South Korea.

Xinwei, L., Lijun, W., Kai, L., Jing, H., Yuxiang, Z. 2009. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. Shaanxi Normal University. China.

Xinwei, L., Lijun, W. Loretta Y. Li, Kai, L., Li Huanga, Dan K. 2010. Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China. Shaanxi Normal University. China.

Yeung Z.L.L., Kwok R.C.W., Yu K.N. 2003. Determination of multi-element profiles of street dust using energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF), Appl. Radiat. Isotopes 58 (2003) 339–346.

Yokota K, Johyama Y, Kunitani Y. 2007. Urinary elimination of nickel and cobalt in relation to airborne nickel and cobalt exposures in a battery plant. Int Arch Occup Environ Health. 80(6):527-531. 341.

Zannaria, N. 2008. Studi Karakteristik Kimia Paparan Partikulat Terespirasi (Studi Kasus: Kota Bandung). Tesis Magister. Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Konsentrasi Unsur-Unsur Partikulat Terespirasi

Titik Sampel	S	K	Ca	V	Mn	Fe
	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3
1	-	211,36	2568,72	-	71,39	1121,86
2	4541,76	725,05	7301,24	336,91	205,92	6376,60
3	5198,07	1030,90	8580,00	239,18	208,27	7781,36
4	4458,75	463,64	4694,40	-	147,19	4604,76
5	6611,37	1612,88	13057,74	117,16	567,26	17459,09
6	9523,03	781,86	6903,24	380,33	340,74	10033,04
7	4378,39	181,19	2373,40	-	137,62	1112,74
8	2178,96	-	779,06	122,17	32,09	254,34
9	5023,80	369,88	2705,01	8,10	65,79	2412,55
10	2213,55	452,60	3607,12	-	115,98	1790,09
11	4903,85	384,90	1946,11	30,47	103,62	2185,44
12	2304,07	509,56	3739,89	-	91,70	2938,30
13	5808,46	53,28	1286,57	660,28	46,36	560,05
14	5703,22	-	811,59	925,81	12,95	603,32
15	-	938,61	5538,96	-	85,07	3050,76
16	-	1308,64	7388,96	-	171,33	4524,10
17	-	772,59	4694,99	-	113,33	2524,12
18	-	1219,89	7612,39	-	207,98	4765,64
19	123,78	1856,18	10788,26	327,49	210,33	8792,25
20	-	102,74	547,24	884,45	89,64	1014,86
21	1680,59	1277,29	2854,26	606,41	199,29	4676,74
22	-	285,69	2483,94	-	119,96	1064,17
23	-	-	457,90	-	41,95	153,66
24	-	165,14	1740,49	-	105,68	-
MIN	123,78	53,28	457,90	8,10	12,95	153,66
MAX	9523,03	1856,18	13057,74	925,81	567,26	17459,09
RATA-RATA	4310,11	746,09	4761,86	341,30	165,67	4772,04
S.Dev	2326,68	550,88	3762,42	288,40	140,61	4704,86

Titik Sampel	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	As
	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3	ng/m^3
1	-	17,22	-	565,94	-	1,03
2	-	72,12	-	583,45	236,38	122,61
3	-	35,18	-	657,34	349,42	258,02
4	-	50,34	-	205,03	-	-
5	-	51,81	1,62	587,72	331,61	218,87
6	-	29,00	-	307,77	332,64	159,85
7	-	32,53	-	320,28	54,31	-
8	-	39,30	-	229,61	-	-
9	3,39	36,36	-	220,49	58,88	-
10	-	19,72	-	645,42	242,86	-
11	-	40,18	-	421,25	200,91	-
12	-	58,88	44,45	668,38	660,28	17,81
13	0,44	21,78	-	179,42	2,94	-
14	-	34,44	-	169,85	317,04	80,22
15	3,97	16,63	33,12	235,94	682,66	241,83
16	4,56	ho	-	373,56	676,47	401,97
17	4,56	14,42	-	278,18	31,79	124,23
18	4,56	58,43	-	425,08	72,42	78,60
19	-	43,27	193,85	952,60	347,95	380,92
20	1,62	59,61	-	227,55	-	225,79
21	3,53	80,66	37,53	491,75	400,50	351,63
22	1,77	9,13	-	251,10	269,35	292,31
23	2,36	34,29	88,90	40,18	-	60,64
24	1,32	21,64	59,17	185,31	59,46	117,46
MIN	0,44	9,13	1,62	40,18	2,94	17,81
MAX	4,56	80,66	193,85	952,60	682,66	401,97
RATA-RATA	2,45	43,04	69,36	442,69	271,98	198,74
S.Dev	1,74	17,21	85,09	234,52	173,37	127,94

Lampiran 2 Tabel Data Meteorologi dan Cuaca

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
03/04/19 00.00	0,5	213	82,3	26,9	1.011,10
03/04/19 00.30	2	254	87	26,2	1.010,90
03/04/19 01.00	1,5	242	88,2	25,9	1.010,80
03/04/19 01.30	1,6	258	89,1	25,7	1.010,50
03/04/19 02.00	0,6	251	89,5	25,6	1.010,10
03/04/19 02.30	1,9	254	90	25,5	1.009,80
03/04/19 03.00	0,9	250	90,6	25,4	1.009,50
03/04/19 03.30	0,4	245	90,8	25,3	1.009,40
03/04/19 04.00	0,6	245	89,9	25,4	1.009,70
03/04/19 04.30	0,8	244	89,3	25,4	1.009,80
03/04/19 05.00	1,2	254	89,1	25,4	1.010,00
03/04/19 05.30	0	254	89,7	25,3	1.010,00
03/04/19 06.00	0,8	254	91,4	25,1	1.010,40
03/04/19 06.30	0	239	79,9	28,6	1.011,10
03/04/19 06.31	0	239	80,8	27,6	1.011,10
03/04/19 06.33	0,4	206	82,5	27,8	1.010,70
03/04/19 07.00	0	202	81,9	29,1	1.011,40
03/04/19 07.30	0,9	200	83,6	27,9	1.011,70
03/04/19 08.00	0,7	216	84,2	28,6	1.011,70
03/04/19 08.30	0	222	71,1	31,3	1.012,00
03/04/19 09.00	0	145	64,3	33,3	1.012,30
03/04/19 09.30	2,8	65	74,4	30,1	1.012,40
03/04/19 10.00	2	95	69	30,7	1.012,30

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
03/04/19 10.30	2,1	111	67,8	30,7	1.012,10
03/04/19 11.00	4,4	89	66,4	31,4	1.011,90
03/04/19 11.30	0,8	126	59,9	33,2	1.011,20
03/04/19 12.00	0,9	117	54,8	34,7	1.010,80
03/04/19 12.30	1,3	117	57,2	33,3	1.010,20
03/04/19 13.00	2,2	98	56,8	33,3	1.009,60
03/04/19 13.30	1	94	58,6	33,2	1.009,30
03/04/19 14.00	3,1	108	59,1	32,8	1.008,90
03/04/19 14.30	1	78	66,9	30,5	1.008,40
03/04/19 15.00	2,5	359	67	30,2	1.007,90
03/04/19 15.30	1,1	109	64,4	31,4	1.007,50
03/04/19 16.00	1,3	66	68,1	30,6	1.007,50
03/04/19 16.30	1,7	114	71,5	30,9	1.007,80
03/04/19 17.00	1	113	72,1	31	1.007,90
03/04/19 17.30	1,7	100	74,9	30,1	1.007,70
03/04/19 18.00	2,3	104	75	29,4	1.008,20
03/04/19 18.30	0,6	109	75	29,4	1.008,80
03/04/19 19.00	2,4	112	72,7	29,3	1.009,50
03/04/19 19.30	1,5	81	73,5	29,1	1.010,10
03/04/19 20.00	0,8	116	74,8	28,9	1.010,30
03/04/19 20.30	1	98	75	28,9	1.010,70
03/04/19 21.00	0,5	98	75,4	28,7	1.011,00
03/04/19 21.30	1	106	74,5	28,8	1.011,30
03/04/19 22.00	1,3	79	80,1	28,6	1.011,80
03/04/19 22.30	1,4	55	80,9	28,4	1.011,80

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
03/04/19 23.00	0,8	70	79,6	28,3	1.011,80
03/04/19 23.30	0	63	80,1	28,1	1.011,70
04/04/19 00.00	0	63	81	27,8	1.011,40
04/04/19 00.30	0,5	63	80,3	27,9	1.011,10
04/04/19 01.00	1,3	103	79,5	28	1.010,70
04/04/19 01.30	1,1	120	80,9	27,5	1.010,40
04/04/19 02.00	0	129	79,2	27,4	1.010,30
04/04/19 02.30	0	130	81,3	27,4	1.010,10
04/04/19 03.00	0,8	129	83,4	26,9	1.009,80
04/04/19 03.30	0	130	84,5	27,3	1.009,90
04/04/19 04.00	0	130	86	27,1	1.010,10
04/04/19 04.30	0	130	86,1	26,9	1.009,80
04/04/19 05.00	0,4	243	86,7	26,7	1.010,00
04/04/19 05.30	0,7	253	86,7	26,3	1.010,30
04/04/19 06.00	0,7	153	86,5	26,4	1.010,70
04/04/19 06.30	0	183	86,5	26,4	1.010,90
04/04/19 07.00	0	220	83	27,6	1.011,00
04/04/19 07.30	0	221	71,4	31,2	1.011,30
04/04/19 08.00	0	130	67,8	32,5	1.011,40
04/04/19 08.30	0,4	208	73,2	30,5	1.011,80
04/04/19 09.00	2,3	97	74,8	30,5	1.012,00
04/04/19 09.30	1,6	107	73,7	30,6	1.012,00
04/04/19 10.00	1,6	118	68,2	31,8	1.011,40
04/04/19 10.30	1,2	108	62	33,7	1.011,00
04/04/19 11.00	2,1	117	62,2	33	1.010,80

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
04/04/19 11.30	2,1	96	68,5	31,6	1.010,30
04/04/19 12.00	1,2	107	67,2	31,9	1.010,10
04/04/19 12.30	2,8	95	66,8	31,8	1.009,60
04/04/19 13.00	2,5	92	61,9	32,9	1.009,10
04/04/19 13.30	0,7	115	54,9	35	1.008,50
04/04/19 14.00	0,9	145	58,2	34	1.008,30
04/04/19 14.30	1,5	115	63,3	31,9	1.007,50
04/04/19 15.00	2,6	84	67,8	31,5	1.007,90
04/04/19 15.30	2,2	95	69,4	30,7	1.007,70
04/04/19 16.00	2,8	101	72	30,5	1.007,60
04/04/19 16.30	3,6	98	75,8	29,9	1.007,90
04/04/19 17.00	1,7	107	77,2	29,5	1.008,10
04/04/19 17.30	1,9	105	78	29,3	1.008,20
04/04/19 18.00	0,8	94	77,2	29,3	1.008,60
04/04/19 18.30	0	104	77,2	29,4	1.009,40
04/04/19 19.00	1,6	234	80,2	28,2	1.009,80
04/04/19 19.30	0,5	211	82,8	27,8	1.010,50
04/04/19 20.00	0,7	217	84,6	27,1	1.010,90
04/04/19 20.30	0	189	80	27,7	1.011,70
04/04/19 21.00	0,6	224	84,4	27,4	1.011,90
04/04/19 21.30	0	156	83,1	27,2	1.011,60
04/04/19 22.00	0	114	83,7	26,9	1.011,50
04/04/19 22.30	0	114	83,1	27,2	1.011,20
04/04/19 23.00	0,3	113	83,1	27,2	1.011,30
04/04/19 23.30	1	242	85,7	26,8	1.011,10

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
06/04/19 00.00	1,2	241	97,6	25,7	1.012,00
06/04/19 00.30	0,7	240	97,5	25,6	1.011,20
06/04/19 01.00	1	241	97,3	25,5	1.011,10
06/04/19 01.30	1,1	251	97,4	25,5	1.010,80
06/04/19 02.00	0,9	243	98	25,4	1.010,60
06/04/19 02.30	1,5	242	98	25,3	1.010,60
06/04/19 03.00	1,8	261	97,6	25,3	1.010,50
06/04/19 03.30	1,1	239	97,8	25,2	1.010,20
06/04/19 04.00	1,1	273	97,2	25,2	1.010,20
06/04/19 04.30	1,1	242	97,5	25,2	1.010,00
06/04/19 05.00	0	244	98,2	25	1.010,00
06/04/19 05.30	0	244	98,8	24,8	1.010,20
06/04/19 06.00	0	244	97,9	24,8	1.010,40
06/04/19 06.30	0	244	100	25,4	1.010,70
06/04/19 07.00	0	224	100	29,5	1.010,90
06/04/19 07.30	0,8	210	87,5	28,7	1.011,00
06/04/19 08.00	0,5	229	81,3	29,6	1.011,40
06/04/19 08.30	0,7	195	65,9	31,9	1.011,70
06/04/19 09.00	0,5	234	64,1	32,5	1.011,90
06/04/19 09.30	1,5	255	70,1	31,5	1.011,90
06/04/19 10.00	0	263	68	31,6	1.011,80
06/04/19 10.30	0	146	50,5	37,7	1.011,40
06/04/19 11.00	0	92	62,8	33,3	1.010,80
06/04/19 11.30	0,4	111	61,7	34	1.010,10
06/04/19 12.00	1,6	58	69,1	32,4	1.009,30

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
06/04/19 12.30	1,7	82	73	31,6	1.009,10
06/04/19 13.00	2,3	44	75,4	31,1	1.008,70
06/04/19 13.30	0,6	90	90,2	30,2	1.007,90
06/04/19 14.00	0	85	100	26,4	1.006,20
06/04/19 14.30	3	87	98,7	24,5	1.007,20
06/04/19 15.00	0,8	87	100	24,3	1.007,60
06/04/19 15.30	0	141	100	25,5	1.007,50
06/04/19 16.00	1,7	207	100	25,2	1.008,10
06/04/19 16.30	3,5	238	100	24,9	1.008,60
06/04/19 17.00	1,3	123	100	24,8	1.008,50
06/04/19 17.30	1,1	224	100	24,7	1.008,70
06/04/19 18.00	0	225	100	24,9	1.008,80
06/04/19 18.30	0	60	100	25,1	1.009,20
06/04/19 19.00	1,1	242	100	25,1	1.010,20
06/04/19 19.30	0	254	100	25	1.010,60
06/04/19 20.00	0	254	100	25	1.010,70
06/04/19 20.30	0,4	79	100	25,1	1.010,90
06/04/19 21.00	0	77	99	25,6	1.010,70
06/04/19 21.30	0,9	78	96,6	25,8	1.010,50
06/04/19 22.00	1,2	282	96,5	26	1.011,00
06/04/19 22.30	0,6	289	97,3	25,8	1.011,30
06/04/19 23.00	0,6	278	98,3	25,6	1.011,30
06/04/19 23.30	3,3	253	97,9	25,7	1.011,40
07/04/19 00.00	1,1	235	97,5	25,5	1.010,90
07/04/19 00.30	1	237	97,3	25,3	1.010,40

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
07/04/19 01.00	0,5	240	97,6	25,2	1.009,90
07/04/19 01.30	0	241	97	25,2	1.009,40
07/04/19 02.00	1,1	240	97,1	25,2	1.009,10
07/04/19 02.30	0	153	96,6	25,4	1.008,90
07/04/19 03.00	0,5	153	97,2	25,2	1.008,70
07/04/19 03.30	0	153	98,1	24,9	1.008,80
07/04/19 04.00	0,3	153	98,2	24,8	1.008,90
07/04/19 04.30	0	153	98,4	24,6	1.008,80
07/04/19 05.00	1,3	248	97,4	24,9	1.009,20
07/04/19 05.30	0,7	239	97,8	24,8	1.009,30
07/04/19 06.00	1,9	252	97,7	24,8	1.009,80
07/04/19 06.30	0,9	250	98,8	25	1.010,00
07/04/19 07.00	1,1	242	100	26,2	1.010,30
07/04/19 07.30	1,7	242	100	27,2	1.010,70
07/04/19 08.00	1,5	225	100	28,7	1.010,80
07/04/19 08.30	0	276	100	35,2	1.011,30
07/04/19 09.00	0	213	100	36,5	1.011,40
07/04/19 09.30	1	248	78,7	30,3	1.011,40
07/04/19 10.00	1,4	223	69,6	32,4	1.011,20
07/04/19 10.30	1,9	45	71,4	31,6	1.010,90
07/04/19 11.00	1,2	60	66,3	32,2	1.010,20
07/04/19 11.30	0,6	106	71,3	31,4	1.009,40
07/04/19 12.00	0,5	92	68,1	32,4	1.008,80
07/04/19 12.30	0,8	101	61,4	34,4	1.008,10
07/04/19 13.00	2,7	45	62,3	33,1	1.007,50

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
07/04/19 13.30	1,5	60	61,2	32,5	1.007,10
07/04/19 14.00	2,1	106	64,3	31,5	1.006,60
07/04/19 14.30	3,4	73	69,1	30,8	1.006,60
07/04/19 15.00	2,1	94	73,7	30,2	1.005,90
07/04/19 15.30	2,6	60	74,7	30,3	1.005,80
07/04/19 16.00	1,2	61	72,6	31,8	1.005,70
07/04/19 16.30	0,5	97	70,5	32,3	1.006,10
07/04/19 17.00	1,1	109	72,1	31,5	1.006,40
07/04/19 17.30	1,8	112	74,4	30,4	1.006,90
07/04/19 18.00	2,1	105	74,1	29,9	1.007,20
07/04/19 18.30	1,1	116	75,3	29,9	1.007,60
07/04/19 19.00	0,8	215	77,9	29	1.007,90
07/04/19 19.30	0	185	94,7	27,4	1.008,50
07/04/19 20.00	0	163	94,1	27,3	1.008,80
07/04/19 20.30	0,5	150	93,7	27,8	1.008,70
07/04/19 21.00	0	135	96,2	27,5	1.008,90
07/04/19 21.30	0	116	95,1	27,7	1.009,50
07/04/19 22.00	0	116	96	27,8	1.009,80
07/04/19 22.30	0	116	96,7	27,4	1.009,60
07/04/19 23.00	0	116	96,1	27,5	1.009,60
07/04/19 23.30	0	116	96,9	27,5	1.009,30
10/04/19 00.00	0	100	94,7	26,3	1.010,10
10/04/19 00.30	0,5	116	96,4	25,8	1.009,80
10/04/19 01.00	0	98	93,5	26	1.009,70
10/04/19 01.30	0	247	95,9	26,2	1.011,50

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
10/04/19 02.00	0	233	95,9	26,2	1.009,00
10/04/19 02.30	0	190	95,9	26,2	1.008,60
10/04/19 03.00	0,4	190	97	26,1	1.008,60
10/04/19 03.30	0,4	192	96,6	26,2	1.008,80
10/04/19 04.00	0,5	191	98,2	26,2	1.009,00
10/04/19 04.30	0	192	97,7	26,2	1.009,00
10/04/19 05.00	1,1	237	97,4	26,3	1.009,10
10/04/19 05.30	0,9	245	97,2	26,3	1.009,20
10/04/19 06.00	0,7	241	97,5	26,2	1.009,30
10/04/19 06.30	1,7	240	98,4	26,3	1.009,50
10/04/19 07.00	2,1	244	100	26,8	1.010,10
10/04/19 07.30	0,7	241	100	27,1	1.010,40
10/04/19 08.00	0,5	225	82,2	28,7	1.010,10
10/04/19 08.30	0	45	82,3	29,3	1.010,10
10/04/19 09.00	0,4	90	82,7	28,9	1.010,00
10/04/19 09.30	0	110	72,3	32,5	1.010,30
10/04/19 10.00	0,4	112	73,5	31,8	1.010,10
10/04/19 10.30	0	114	74,6	31,3	1.009,70
10/04/19 11.00	1,5	109	76,8	30,7	1.008,70
10/04/19 11.30	0,8	50	75	31,2	1.008,10
10/04/19 12.00	0,9	119	70,2	32,7	1.008,10
10/04/19 12.30	3	157	100	26,9	1.008,20
10/04/19 13.00	0	289	97,2	28,4	1.007,20
10/04/19 13.30	0,6	60	99	29,8	1.006,90
10/04/19 14.00	0,6	110	97,4	30,6	1.006,70

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
10/04/19 14.30	2	124	75,7	31,6	1.006,20
10/04/19 15.00	0,8	117	77,6	31,2	1.006,00
10/04/19 15.30	0,9	115	70,1	33,6	1.006,00
10/04/19 16.00	0,5	217	69,5	32,5	1.006,20
10/04/19 16.30	0,6	105	75	30,5	1.006,60
10/04/19 17.00	0	152	78,5	29,4	1.006,60
10/04/19 17.30	0	88	79,1	29,3	1.006,90
10/04/19 18.00	0,8	89	79,3	29,2	1.007,00
10/04/19 18.30	0	101	80,4	29,2	1.007,50
10/04/19 19.00	0,8	128	79,9	29,3	1.007,80
10/04/19 19.30	1,1	110	81,7	29	1.008,00
10/04/19 20.00	1,3	110	82,4	28,9	1.008,20
10/04/19 20.30	1,4	113	82,6	28,9	1.008,50
10/04/19 21.00	1,3	111	80,3	29	1.008,80
10/04/19 21.30	1	135	82,2	29	1.009,10
10/04/19 22.00	0	123	84,1	28,6	1.009,20
10/04/19 22.30	0	146	86,1	28,2	1.009,10
10/04/19 23.00	0,3	145	85,5	28,2	1.009,10
10/04/19 23.30	0	146	85,9	28,2	1.009,20
11/04/19 00.00	0	146	86,8	28,1	1.008,90
11/04/19 00.30	0	136	86,3	28,1	1.008,50
11/04/19 01.00	1,4	88	86,1	28,2	1.008,60
11/04/19 01.30	1	103	87,1	27,6	1.008,30
11/04/19 02.00	0	92	85,5	27,6	1.008,20
11/04/19 02.30	0	95	86,5	27,6	1.008,20

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
11/04/19 03.00	0	94	86,9	27,7	1.007,90
11/04/19 03.30	0,4	214	100	25,5	1.008,00
11/04/19 04.00	2,7	220	99,1	24,5	1.007,90
11/04/19 04.30	0	188	97,8	24,4	1.009,50
11/04/19 05.00	0	189	98,7	24,7	1.009,00
11/04/19 05.30	0	188	99	25,1	1.010,80
11/04/19 06.00	0	189	99,1	25,2	1.011,50
11/04/19 06.30	0	203	100	25,3	1.012,00
11/04/19 07.00	0	203	100	26,5	1.009,20
11/04/19 07.30	0	203	100	26,8	1.009,20
11/04/19 08.00	0	171	100	26,6	1.009,80
11/04/19 08.30	0,9	136	100	26,7	1.009,80
11/04/19 09.00	0,4	132	100	27,2	1.010,00
11/04/19 09.30	0,4	111	100	26,6	1.010,00
11/04/19 10.00	1,2	120	100	32	1.009,60
11/04/19 10.30	1,5	92	100	33,6	1.009,40
11/04/19 11.00	0	109	100	32,2	1.008,90
11/04/19 11.30	1,6	116	72,7	31,9	1.008,60
11/04/19 12.00	1,3	99	66,4	33,5	1.008,40
11/04/19 12.30	1,3	127	62,7	33,5	1.007,80
11/04/19 13.00	2	93	69,3	31,1	1.007,30
11/04/19 13.30	2,5	73	70,1	31,4	1.007,40
11/04/19 14.00	3,2	94	72,7	30,3	1.007,20
11/04/19 14.30	1,6	77	80,2	29,1	1.006,80
11/04/19 15.00	2,2	100	82	28,4	1.006,70

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
11/04/19 15.30	1,6	258	75	29,1	1.006,60
11/04/19 16.00	0,6	5	76,7	29,9	1.007,00
11/04/19 16.30	0	342	72,7	30,8	1.007,10
11/04/19 17.00	1,9	263	79,8	29,1	1.007,60
11/04/19 17.30	1,1	258	76,7	29,2	1.008,10
11/04/19 18.00	0,9	240	77,2	28,4	1.008,10
11/04/19 18.30	2,1	262	83,7	27,3	1.008,50
11/04/19 19.00	2,6	259	87	27,1	1.008,90
11/04/19 19.30	0,9	244	84	26,9	1.009,40
11/04/19 20.00	1,5	251	80,9	27	1.009,40
11/04/19 20.30	0,6	218	80,5	27,3	1.009,60
11/04/19 21.00	0	223	80,2	27,3	1.009,80
11/04/19 21.30	0,7	223	79,3	27,3	1.009,60
11/04/19 22.00	0,5	223	80,1	27,3	1.009,40
11/04/19 22.30	0	224	81,5	27,1	1.009,50
11/04/19 23.00	0	224	81,2	27,1	1.009,60
11/04/19 23.30	0	224	82,3	27	1.009,70
13/04/19 00.00	0,8	90	94,4	26,5	1.010,40
13/04/19 00.30	0	90	96,2	26,2	1.010,00
13/04/19 01.00	0	91	97,4	26,1	1.009,70
13/04/19 01.30	0	91	96,3	26,3	1.009,70
13/04/19 02.00	0	91	95,8	26,5	1.009,70
13/04/19 02.30	0	93	95,7	26,5	1.009,40
13/04/19 03.00	0	93	96,1	26,5	1.009,20
13/04/19 03.30	0,5	93	96,2	26,5	1.009,00

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
13/04/19 04.00	0,5	222	96,6	26,4	1.009,30
13/04/19 04.30	0	246	97,5	26,2	1.008,80
13/04/19 05.00	0,7	238	97,2	26,1	1.008,80
13/04/19 05.30	0,5	251	97	26	1.009,60
13/04/19 06.00	0,5	251	96,6	26	1.009,90
13/04/19 06.30	0	252	98,2	26,1	1.010,20
13/04/19 07.00	0	252	100	27,5	1.010,40
13/04/19 07.30	0,6	60	100	27,3	1.010,50
13/04/19 08.00	0,6	82	100	28,3	1.011,00
13/04/19 08.30	1	232	100	29,1	1.011,20
13/04/19 09.00	0,9	265	100	31,3	1.011,50
13/04/19 09.30	0,7	192	73,2	33,5	1.011,10
13/04/19 10.00	0	233	66,5	34	1.010,90
13/04/19 10.30	0,7	204	66,3	33,6	1.010,80
13/04/19 11.00	2,4	327	71,8	31,6	1.010,30
13/04/19 11.30	0,5	101	74,9	31,9	1.009,70
13/04/19 12.00	1,3	277	85	27,8	1.009,50
13/04/19 12.30	0	25	98,9	23,8	1.008,70
13/04/19 13.00	0	69	100	25,2	1.014,50
13/04/19 13.30	0	68	100	26,6	1.021,00
13/04/19 14.00	0,9	67	100	26,6	1.008,10
13/04/19 14.30	0	75	100	28,4	1.007,90
13/04/19 15.00	0	79	100	27,7	1.007,60
13/04/19 15.30	1,2	144	100	27,1	1.008,20
13/04/19 16.00	0,9	122	100	27,2	1.008,40

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
13/04/19 16.30	1,7	109	100	26,3	1.008,80
13/04/19 17.00	1,5	143	100	26,5	1.008,60
13/04/19 17.30	0	102	100	26,5	1.008,60
13/04/19 18.00	1,8	106	100	25,9	1.008,90
13/04/19 18.30	1,7	108	96,3	27,8	1.009,20
13/04/19 19.00	0	107	96,4	27,7	1.009,60
13/04/19 19.30	0,8	86	97,1	27,6	1.010,20
13/04/19 20.00	0	85	98,1	27,3	1.011,00
13/04/19 20.30	0	85	97,8	27,2	1.011,40
13/04/19 21.00	0	85	98,9	26,9	1.011,30
13/04/19 21.30	0	85	98,8	26,9	1.011,30
13/04/19 22.00	0,9	86	97,1	27,1	1.011,40
13/04/19 22.30	0,6	100	97,8	26,8	1.011,50
13/04/19 23.00	0	163	98,8	26,5	1.011,40
13/04/19 23.30	0	166	98,7	26,4	1.011,10
14/04/19 00.00	0,6	228	97,8	26,5	1.011,00
14/04/19 00.30	0,5	231	97,9	26,5	1.010,80
14/04/19 01.00	0	232	99,2	26,3	1.010,30
14/04/19 01.30	0,6	231	98,8	26,4	1.010,60
14/04/19 02.00	1,5	245	98,9	26,1	1.010,10
14/04/19 02.30	0,6	232	98,5	25,9	1.009,80
14/04/19 03.00	0	233	98,9	25,7	1.009,50
14/04/19 03.30	1,3	256	97,8	25,9	1.009,20
14/04/19 04.00	0	258	98,6	25,6	1.009,00
14/04/19 04.30	0,6	258	98,5	25,5	1.009,00

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
14/04/19 05.00	0,6	259	98	25,6	1.009,40
14/04/19 05.30	1,3	249	98,4	25,5	1.009,80
14/04/19 06.00	0,8	265	97,4	25,6	1.010,10
14/04/19 06.30	1	257	99,6	25,9	1.010,50
14/04/19 07.00	1,1	246	100	26,5	1.010,90
14/04/19 07.30	0,8	259	83,2	30,3	1.011,20
14/04/19 08.00	1,6	245	83,7	29,1	1.011,30
14/04/19 08.30	0,9	267	67,8	33,1	1.011,60
14/04/19 09.00	1,5	231	76,2	30,7	1.011,90
14/04/19 09.30	0,8	256	67,6	32,8	1.012,10
14/04/19 10.00	0,9	202	63,8	33,4	1.012,00
14/04/19 10.30	1,7	272	68,3	31,6	1.011,60
14/04/19 11.00	2	257	66	32,1	1.010,90
14/04/19 11.30	1,8	104	73	31,2	1.010,50
14/04/19 12.00	3,5	77	75,1	31	1.009,70
14/04/19 12.30	0,9	243	65,1	32,4	1.009,30
14/04/19 13.00	2,6	237	100	24	1.008,80
14/04/19 13.30	1,5	289	100	24	1.003,60
14/04/19 14.00	0,8	78	100	24,6	1.012,00
14/04/19 14.30	0,7	306	100	25,8	1.008,60
14/04/19 15.00	0,4	335	100	26	1.008,00
14/04/19 15.30	1	275	100	25,1	1.007,80
14/04/19 16.00	0,5	275	100	28,8	1.007,50
14/04/19 16.30	0,4	2	100	29,6	1.007,30
14/04/19 17.00	1	77	100	28,9	1.007,40

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
14/04/19 17.30	0	76	100	28,5	1.007,90
14/04/19 18.00	1,2	72	98,3	27,9	1.008,20
14/04/19 18.30	0,6	61	96,1	28,1	1.008,70
14/04/19 19.00	1	85	96,8	27,7	1.009,20
14/04/19 19.30	0	79	96,6	27,8	1.009,80
14/04/19 20.00	0,9	85	96,5	27,8	1.010,30
14/04/19 20.30	0,6	48	97,7	27,6	1.010,50
14/04/19 21.00	1	36	98,5	27,3	1.010,70
14/04/19 21.30	0	70	97,7	26,5	1.010,70
14/04/19 22.00	0,7	268	97,5	26,5	1.010,90
14/04/19 22.30	1,2	268	96,7	26,6	1.011,00
14/04/19 23.00	0,6	267	97	26,4	1.010,70
14/04/19 23.30	0	268	96,8	26,5	1.010,70
18/04/19 00.00	0	63	83,6	28,5	1.010,30
18/04/19 00.30	0	63	84	28,4	1.010,30
18/04/19 01.00	0,6	64	84,1	28,4	1.010,00
18/04/19 01.30	1	64	85,4	28,1	1.009,40
18/04/19 02.00	0,6	287	86,9	27,8	1.009,40
18/04/19 02.30	0,8	246	87,3	27,6	1.009,50
18/04/19 03.00	0,4	131	88,1	27,5	1.009,50
18/04/19 03.30	0	153	98,4	25,3	1.002,30
18/04/19 04.00	0	120	98,3	25,6	1.003,50
18/04/19 04.30	0	120	99,4	25,7	1.004,80
18/04/19 05.00	0	120	99,8	25,5	1.004,70
18/04/19 05.30	0	120	100	25,4	1.004,50

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
18/04/19 06.00	0	120	99,2	25,6	1.005,10
18/04/19 06.30	0	120	100	26,2	1.009,50
18/04/19 07.00	0	120	100	26,6	1.012,50
18/04/19 07.30	0	120	100	27,5	1.019,70
18/04/19 08.00	0	120	100	28	1.011,10
18/04/19 08.30	1	94	100	28,3	1.011,30
18/04/19 09.00	1,5	82	100	27,6	1.011,50
18/04/19 09.30	0,8	120	100	31,9	1.011,50
18/04/19 10.00	2,4	102	100	29,1	1.011,60
18/04/19 10.30	1,3	58	100	30,6	1.011,10
18/04/19 11.00	4,2	106	78,9	30,9	1.010,70
18/04/19 11.30	2,7	96	74,5	31,8	1.010,10
18/04/19 12.00	5	114	70,2	32,3	1.009,60
18/04/19 12.30	1,5	118	71,8	32,1	1.009,00
18/04/19 13.00	1,7	88	71	32,1	1.008,60
18/04/19 13.30	2,2	95	65,5	33,8	1.008,40
18/04/19 14.00	2,1	68	66	33,2	1.008,10
18/04/19 14.30	3,2	101	68,4	32,6	1.007,60
18/04/19 15.00	3,2	83	68,9	32,9	1.007,20
18/04/19 15.30	0,6	142	59,7	35	1.006,80
18/04/19 16.00	2,9	112	66,1	33,7	1.007,20
18/04/19 16.30	2,1	99	65	33,1	1.007,10
18/04/19 17.00	2,7	61	69	31,9	1.007,10
18/04/19 17.30	2,4	97	74,8	30,7	1.007,30
18/04/19 18.00	3	95	73,1	30,4	1.007,50

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
18/04/19 18.30	1,9	103	74,2	30,2	1.007,80
18/04/19 19.00	2,8	120	73,3	30,3	1.008,50
18/04/19 19.30	1,3	109	71,1	30,2	1.008,90
18/04/19 20.00	2,1	111	72,5	30,1	1.009,30
18/04/19 20.30	1,7	68	75,3	29,8	1.009,40
18/04/19 21.00	2,6	92	77	29,6	1.009,90
18/04/19 21.30	1,3	69	79,2	29,4	1.010,00
18/04/19 22.00	1,5	66	76,7	29,4	1.010,20
18/04/19 22.30	2,6	80	76,7	29,4	1.010,10
18/04/19 23.00	2,4	126	78,8	29,1	1.010,00
18/04/19 23.30	2,5	69	79,9	28,9	1.009,90
25/05/19 00.00	0,4	94	77,3	27,3	1.010,90
25/05/19 00.30	0	93	78,5	27,1	1.010,70
25/05/19 01.00	0,4	217	79,2	26,7	1.010,30
25/05/19 01.30	0,6	229	81,3	26,2	1.010,10
25/05/19 02.00	1	264	81,7	25,8	1.009,90
25/05/19 02.30	2	260	81	25,4	1.009,60
25/05/19 03.00	0,6	246	80,7	25,3	1.009,50
25/05/19 03.30	0	272	80,6	25,2	1.009,40
25/05/19 04.00	1,1	235	81,1	25	1.009,70
25/05/19 04.30	0,6	241	81,6	24,8	1.010,10
25/05/19 05.00	0	241	82,5	24,6	1.010,50
25/05/19 05.30	0	239	82,3	24,6	1.010,50
25/05/19 06.00	0	241	83,8	24,3	1.010,90
25/05/19 06.30	0	240	81,3	25,2	1.011,40

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
25/05/19 07.00	0,7	240	80,7	26,5	1.011,70
25/05/19 07.30	0	241	73,1	28,8	1.011,90
25/05/19 08.00	0	241	58	33,1	1.012,00
25/05/19 08.30	0	175	62,5	31	1.011,90
25/05/19 09.00	0,9	99	60,8	31,6	1.012,00
25/05/19 09.30	3,3	102	64,1	29,6	1.011,90
25/05/19 10.00	2,1	111	58,4	30,9	1.011,70
25/05/19 10.30	2,1	102	62,4	29,8	1.011,30
25/05/19 11.00	2,2	95	56,8	31,1	1.010,80
25/05/19 11.30	2,9	87	60	30,6	1.010,30
25/05/19 12.00	0,5	110	52,5	32,7	1.009,80
25/05/19 12.30	3,6	77	59,5	30,7	1.009,20
25/05/19 13.00	3,8	76	58,4	31	1.009,00
25/05/19 13.30	2,1	89	56,9	32	1.008,30
25/05/19 14.00	3,1	84	59,7	31,1	1.007,90
25/05/19 14.30	3,6	55	60,9	31,2	1.007,60
25/05/19 15.00	4,9	76	63,9	31,1	1.007,80
25/05/19 15.30	3,9	67	66,8	30,4	1.007,90
25/05/19 16.00	2,8	66	64,5	30,7	1.008,00
25/05/19 16.30	4,7	49	64,5	30,6	1.008,00
25/05/19 17.00	3,5	77	66,1	30,4	1.008,30
25/05/19 17.30	2,6	126	66,8	29,8	1.008,50
25/05/19 18.00	2,6	118	67,4	29,3	1.008,60
25/05/19 18.30	1,5	104	68,8	29,2	1.009,10
25/05/19 19.00	3	90	69,8	29,1	1.009,60

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
25/05/19 19.30	1,3	77	70,3	29	1.010,00
25/05/19 20.00	1,9	83	70	28,9	1.010,00
25/05/19 20.30	1,1	69	69,8	28,9	1.010,10
25/05/19 21.00	1,3	81	70,4	28,8	1.010,30
25/05/19 21.30	2,8	82	74,1	28,7	1.010,40
25/05/19 22.00	1,9	84	74,2	28,6	1.010,70
25/05/19 22.30	1,9	103	74,9	28,5	1.010,70
25/05/19 23.00	1,9	154	77,1	27,9	1.010,60
25/05/19 23.30	1,9	153	77,1	27,7	1.010,40
26/05/19 00.00	0,5	151	76,7	27,7	1.010,20
26/05/19 00.30	1,3	232	76,1	27,6	1.010,20
26/05/19 01.00	1,9	232	78,8	27,3	1.010,00
26/05/19 01.30	0,9	229	79,4	26,4	1.009,70
26/05/19 02.00	1,1	236	80,2	26,4	1.009,40
26/05/19 02.30	0,6	220	80,6	26,1	1.009,20
26/05/19 03.00	1,2	225	80,8	26,1	1.009,30
26/05/19 03.30	0,7	238	79,8	26	1.009,20
26/05/19 04.00	0,8	255	80,3	26,1	1.009,30
26/05/19 04.30	1,3	218	81,7	25,8	1.009,40
26/05/19 05.00	0	221	82,7	25,3	1.009,90
26/05/19 05.30	0	220	81,4	24,9	1.010,00
26/05/19 06.00	0	220	82,3	25	1.010,10
26/05/19 06.30	0,5	220	81,3	24,9	1.010,10
26/05/19 07.00	0	220	68,1	25,7	1.010,50
26/05/19 07.30	0	219	67,7	29,9	1.010,90

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
26/05/19 08.00	1,2	218	70,8	30,6	1.011,10
26/05/19 08.30	1	219	63,3	31	1.011,30
26/05/19 09.00	1	59	68	30,6	1.011,20
26/05/19 09.30	0	48	54,1	31,7	1.011,10
26/05/19 10.00	3,3	89	65,3	34,6	1.010,90
26/05/19 10.30	0,7	92	52,1	30,4	1.010,50
26/05/19 11.00	1,1	139	51,8	33,5	1.010,20
26/05/19 11.30	1,9	93	60,7	33,7	1.010,10
26/05/19 12.00	2,9	72	57,5	30,5	1.009,80
26/05/19 12.30	1	100	53,4	31,1	1.009,60
26/05/19 13.00	3,7	98	57,7	33,5	1.009,30
26/05/19 13.30	2	105	46,1	32,5	1.008,70
26/05/19 14.00	0	117	46,3	34,9	1.008,20
26/05/19 14.30	1,6	115	44,2	36,1	1.008,20
26/05/19 15.00	1,4	76	51,6	36	1.008,10
26/05/19 15.30	2,1	93	53,3	33,6	1.007,90
26/05/19 16.00	2,1	121	50	33,3	1.008,10
26/05/19 16.30	2,3	106	56,6	34,8	1.008,20
26/05/19 17.00	1,2	70	60	33	1.007,90
26/05/19 17.30	1,9	76	62,6	31,6	1.008,00
26/05/19 18.00	1,7	76	67,1	30,7	1.008,30
26/05/19 18.30	1,5	88	66,9	30	1.008,50
26/05/19 19.00	0	93	67,4	29,9	1.009,00
26/05/19 19.30	2,4	91	70	29,9	1.009,20
26/05/19 20.00	2,5	88	72,5	29,6	1.009,60

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
26/05/19 20.30	1,8	65	74,4	29,2	1.010,00
26/05/19 21.00	3,0	82	76,6	29,1	1.010,20
26/05/19 21.30	1,7	104	74,3	28,7	1.010,30
26/05/19 22.00	2,8	76	77,7	28,8	1.010,40
26/05/19 22.30	1,3	83	79	28,3	1.010,20
26/05/19 23.00	0,7	60	78,1	28,1	1.010,00
26/05/19 23.30	0,0	79	79,4	28,1	1.009,90
27/05/19 00.00	0,9	60	79,8	27,9	1.009,80
27/05/19 00.30	0,0	94	80,6	27,7	1.009,50
27/05/19 01.00	2,1	225	80,8	27,5	1.009,40
27/05/19 01.30	1,6	230	81,6	27,5	1.009,10
27/05/19 02.00	0,0	150	81,5	27,4	1.009,10
27/05/19 02.30	1,2	230	81	27,2	1.009,00
27/05/19 03.00	2,4	200	84,3	26,8	1.008,80
27/05/19 03.30	1,0	215	84,2	25,9	1.008,70
27/05/19 04.00	1,4	246	84,6	25,8	1.008,80
27/05/19 04.30	1,2	245	84,5	25,6	1.009,20
27/05/19 05.00	0	244	84,2	25,7	1.009,40
27/05/19 05.30	0,8	243	83,2	25,8	1.009,60
27/05/19 06.00	0,5	227	84,3	25,7	1.010,00
27/05/19 06.30	0,5	227	84,4	25,5	1.010,50
27/05/19 07.00	0	228	74,4	25,8	1.010,50
27/05/19 07.30	0	229	63,6	29,1	1.011,00
27/05/19 08.00	0	232	70,7	32,9	1.011,20
27/05/19 08.30	0,5	70	62,6	31	1.011,20

Waktu	**Kecepatan Angin (m/s)**	**Arah Angin**	**Kelembapan (%)**	**Suhu (℃)**	**Tekanan Udara (mmHg)**
27/05/19 09.00	1,6	122	65,1	32,6	1.011,00
27/05/19 09.30	1,9	73	65,9	30,9	1.011,20
27/05/19 10.00	0,5	169	61,3	30,7	1.011,00
27/05/19 10.30	3	73	62,1	32,2	1.010,80
27/05/19 11.00	2,2	103	62,8	32,2	1.010,20
27/05/19 11.30	1,8	117	58,7	31,9	1.009,80
27/05/19 12.00	2	88	60,6	32,3	1.009,50
27/05/19 12.30	1,1	126	58	31,9	1.009,20
27/05/19 13.00	3,4	90	55,6	32,9	1.008,30
27/05/19 13.30	1,8	98	56,8	32,9	1.008,10
27/05/19 14.00	1,6	111	58,1	33,4	1.008,00
27/05/19 14.30	3,9	88	58,9	33,4	1.007,60
27/05/19 15.00	3,9	94	63,9	32,1	1.007,30
27/05/19 15.30	3,2	87	63,4	31,9	1.007,50
27/05/19 16.00	3,1	96	67,2	32,2	1.007,60
27/05/19 16.30	2	105	66,4	31,4	1.007,90
27/05/19 17.00	1,7	117	67,6	31,5	1.008,00
27/05/19 17.30	3,8	118	68	30,7	1.008,40
27/05/19 18.00	1,6	116	71,4	29,9	1.008,50
27/05/19 18.30	1,2	127	72,1	29,5	1.008,70
27/05/19 19.00	1,2	133	73,6	29,6	1.009,00
27/05/19 19.30	3,4	96	72,4	29,6	1.009,20
27/05/19 20.00	2,3	94	71,6	29,5	1.009,50
27/05/19 20.30	2,9	92	68,8	29,5	1.010,00
27/05/19 21.00	1,5	106	69,7	29,5	1.010,10

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)	Arah Angin	Kelembapan (%)	Suhu (℃)	Tekanan Udara (mmHg)
27/05/19 21.30	0,6	58	72,2	29,4	1.010,20
27/05/19 22.00	1	106	71,5	29,2	1.010,20
27/05/19 22.30	1,2	97	72,8	29,2	1.009,80
27/05/19 23.00	1,9	99	75,3	29	1.009,80
27/05/19 23.30	2,3	107	77	28,8	1.009,70
30/05/19 00.00	0	91	80,2	28,2	1.010,00
30/05/19 00.30	0	91	76,7	28,2	1.009,90
30/05/19 01.00	0	110	74,2	28,1	1.009,20
30/05/19 01.30	1,5	236	80,6	27,1	1.008,90
30/05/19 02.00	1	261	82,1	26,8	1.008,80
30/05/19 02.30	0,9	259	83,5	26,4	1.008,30
30/05/19 03.00	1,3	240	85	26,1	1.008,20
30/05/19 03.30	1,1	260	84,4	25,9	1.008,10
30/05/19 04.00	0	239	83,9	25,8	1.008,20
30/05/19 04.30	1,4	255	83,4	25,7	1.008,40
30/05/19 05.00	0,6	243	83,5	25,5	1.008,70
30/05/19 05.30	1,8	251	83,5	25,1	1.008,70
30/05/19 06.00	1,1	244	84,3	24,9	1.009,10
30/05/19 06.30	1,1	235	84,1	25,2	1.009,30
30/05/19 07.00	2,5	230	84,9	25,7	1.009,30
30/05/19 07.30	1,5	252	82,7	26,6	1.009,90
30/05/19 08.00	0,4	249	68	31,1	1.010,10
30/05/19 08.30	1,5	315	61,6	33,4	1.010,20
30/05/19 09.00	1,8	320	72,2	29,7	1.010,00
30/05/19 09.30	0,9	98	72,4	29,8	1.010,00

Waktu	**Kecepatan Angin (m/s)**	**Arah Angin**	**Kelembapan (%)**	**Suhu (℃)**	**Tekanan Udara (mmHg)**
30/05/19 10.00	1,3	88	61,9	31,3	1.009,80
30/05/19 10.30	2,3	88	63,2	30,5	1.009,50
30/05/19 11.00	2,1	88	58	31,8	1.009,30
30/05/19 11.30	1,9	228	58,5	31,8	1.009,00
30/05/19 12.00	2	210	57,4	32,2	1.008,50
30/05/19 12.30	1,6	139	55,8	32,6	1.008,30
30/05/19 13.00	0,7	105	58,3	32,2	1.007,70
30/05/19 13.30	1,7	180	61,6	31	1.007,30
30/05/19 14.00	1,5	270	61,9	31,6	1.007,00
30/05/19 14.30	1,8	292	64,1	31,3	1.006,60
30/05/19 15.00	1,2	205	61,1	32,5	1.006,50
30/05/19 15.30	1,2	98	58,9	33,1	1.006,40
30/05/19 16.00	4,2	99	63,4	31,3	1.006,50

Lampiran 3 Tabel Pengolahan Data *Windrose*

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 06 April 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	224	0
07.30	210	0,8
08.00	229	0,5
08.30	195	0,7
09.00	234	0,5
09.30	255	1,5
10.00	263	0
10.30	146	0
11.00	92	0
11.30	111	0,4
12.00	58	1,6
12.30	82	1,7
13.00	44	2,3
13.30	90	0,6
14.00	85	0
14.30	87	3
15.00	87	0,8

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 07 April 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	242	1,1
07.30	242	1,7
08.00	225	1,5
08.30	276	0
09.00	213	0
09.30	248	1
10.00	223	1,4
10.30	45	1,9
11.00	60	1,2
11.30	106	0,6
12.00	92	0,5
12.30	101	0,8
13.00	45	2,7
13.30	60	1,5
14.00	106	2,1
14.30	73	3,4
15.00	94	2,1

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 10 April 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	244	2,1
07.30	241	0,7
08.00	225	1,5
08.30	45	0
09.00	90	0,4
09.30	110	0
10.00	112	0,4
10.30	114	0
11.00	109	1,5
11.30	50	0,8
12.00	119	0,9
12.30	157	1,9
13.00	289	0
13.30	60	0,6
14.00	110	0,6
14.30	124	2
15.00	117	0,8

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 11 April 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	203	0
07.30	203	0
08.00	171	0
08.30	136	0,9
09.00	132	0,4
09.30	111	0,4
10.00	120	1,2
10.30	92	1,5
11.00	109	0
11.30	116	1,6
12.00	99	1,3
12.30	127	1,3
13.00	93	2
13.30	73	2,5
14.00	94	3,2
14.30	77	1,6
15.00	100	2,2

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 13 April 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
19.30	86	0,8
20.00	85	0
20.30	85	0
21.00	85	0
21.30	85	0
22.00	86	0,9
22.30	100	0,6
23.00	163	0
23.30	166	0
00.00	228	0,6
00.30	231	0,5
01.00	232	0
01.30	231	0,6
02.00	245	1,5
02.30	232	0,6
03.00	233	0
03.30	256	1,3

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 13 April 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	252	0
07.30	60	0,6
08.00	82	0,6
08.30	232	1
09.00	265	0,9
09.30	192	0,7
10.00	233	0
10.30	204	0,7
11.00	327	2,4
11.30	101	0,5
12.00	277	1,3
12.30	25	0
13.00	69	0
13.30	68	0
14.00	67	0,9
14.30	75	0
15.00	79	0

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 14 April 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
19.30	79	0
20.00	84	0,9
20.30	48	0,6
21.00	35	1
21.30	69	0
22.00	267	0,7
22.30	267	1,2
23.00	267	0,6
23.30	268	0
00.00	268	0
00.30	265	1,2
01.00	252	1
01.30	256	0,3
02.00	256	0,7
02.30	256	1,2
03.00	256	0
03.30	256	0

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 18 April 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	120	0
07.30	120	0
08.00	120	0
08.30	94	1
09.00	82	1,5
09.30	120	0,8
10.00	102	2,4
10.30	58	1,3
11.00	106	4,2
11.30	96	2,7
12.00	114	5
12.30	118	1,5
13.00	88	1,7
13.30	95	2,2
14.00	68	2,1
14.30	101	3,2
15.00	83	3,2

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
19.30	77	1,3
20.00	83	1,9
20.30	69	1,1
21.00	81	1,3
21.30	82	2,8
22.00	84	1,9
22.30	103	1,9
23.00	154	1,9
23.30	153	1,9
00.00	151	0,5
00.30	232	1,3
01.00	232	1,9
01.30	229	0,9
02.00	236	1,1
02.30	220	0,6
03.00	225	1,2
03.30	238	0,7

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
19.30	91	2,4
20.00	88	2,5
20.30	65	1,8
21.00	82	3
21.30	104	1,7
22.00	76	2,8
22.30	83	1,3
23.00	60	0,7
23.30	79	0
00.00	60	0,9
00.30	94	0
01.00	225	2,1
01.30	230	1,6
02.00	150	0
02.30	230	1,2
03.00	200	2,4
03.30	215	1

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 27 Mei 2019 Malam

JAM	ARAH	KECEPATAN
19.30	96	3,4
20.00	94	2,3
20.30	92	2,9
21.00	106	1,5
21.30	58	0,6
22.00	106	1
22.30	97	1,2
23.00	99	1,9
23.30	107	2,3
00.00	104	0,5
00.30	101	1,8
01.00	103	1,2
01.30	94	0,7
02.00	93	0
02.30	93	0
03.00	94	0
03.30	94	0,6

Tabel Pengolahan Data *Windrose* tanggal 30 Mei 2019 Pagi

JAM	ARAH	KECEPATAN
07.00	230	2,5
07.30	252	1,5
08.00	249	0,4
08.30	315	1,5
09.00	320	1,8
09.30	98	0,9
10.00	88	1,3
10.30	88	2,3
11.00	88	2,1
11.30	228	1,9
12.00	210	2
12.30	139	1,6
13.00	105	0,7
13.30	180	1,7
14.00	270	1,5
14.30	292	1,8
15.00	205	1,2

Lampiran 4 Diagram *Windrose*

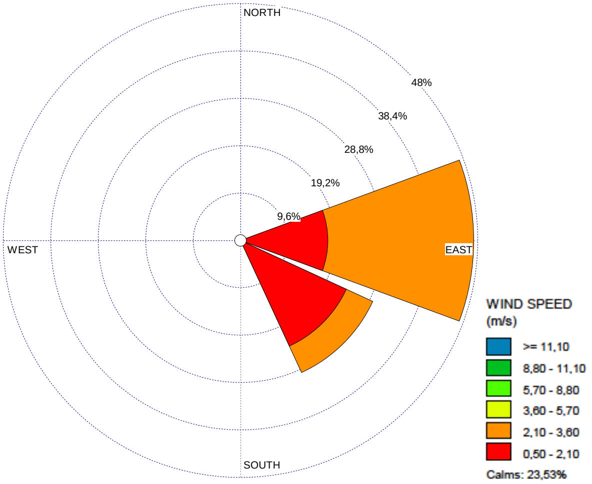


Diagram *Windrose* tanggal 04 April 2019 Pagi

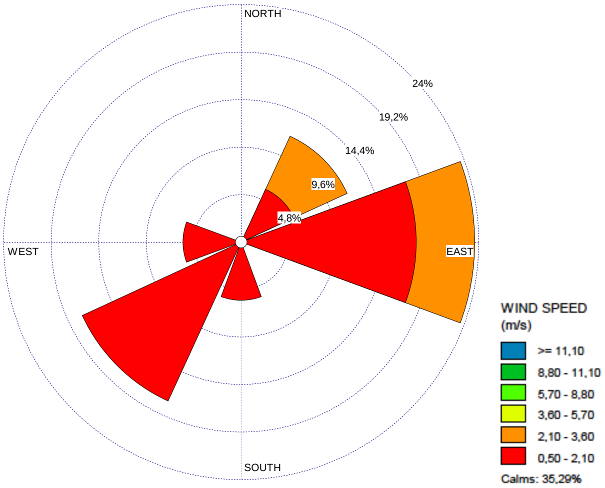


Diagram *Windrose* tanggal 06 April 2019 Pagi

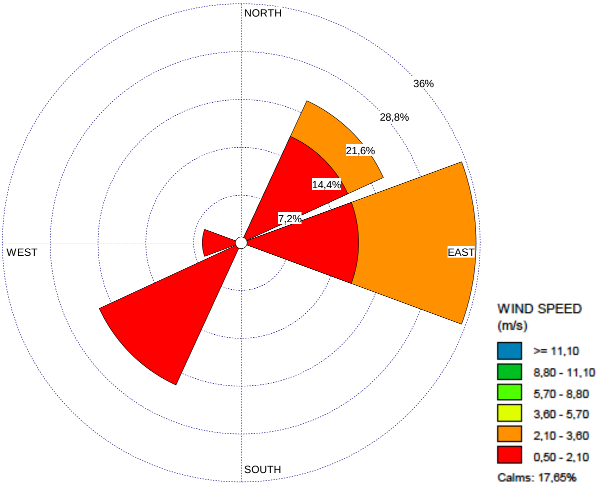


Diagram *Windrose* tanggal 07 April 2019 Pagi

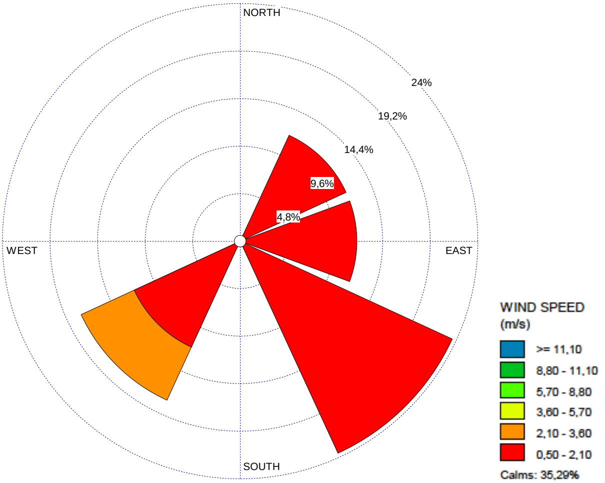


Diagram *Windrose* tanggal 10 April 2019 Pagi

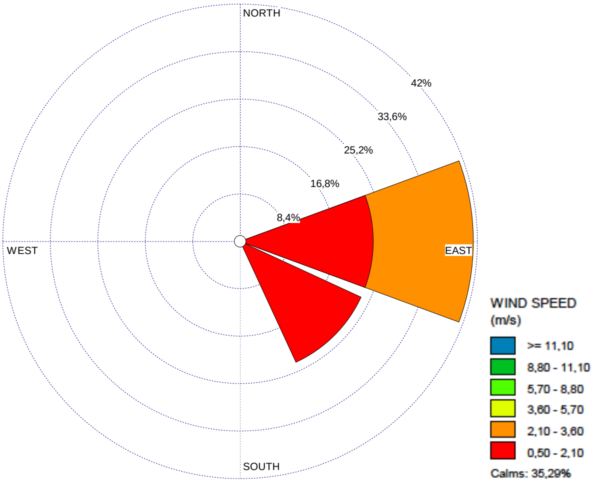


Diagram *Windrose* tanggal 11 April 2019 Pagi

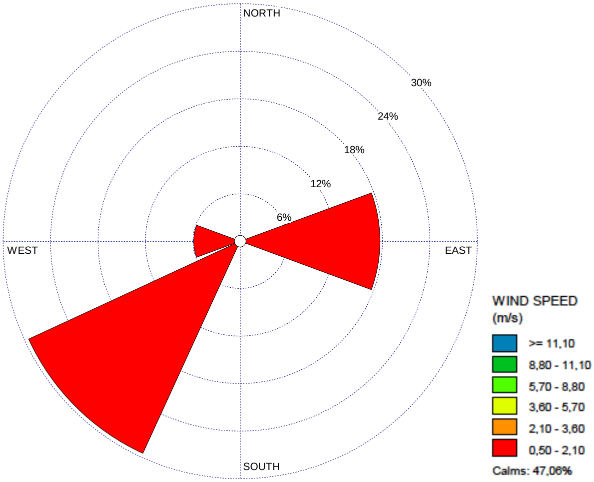


Diagram *Windrose* tanggal 13 April 2019 Malam

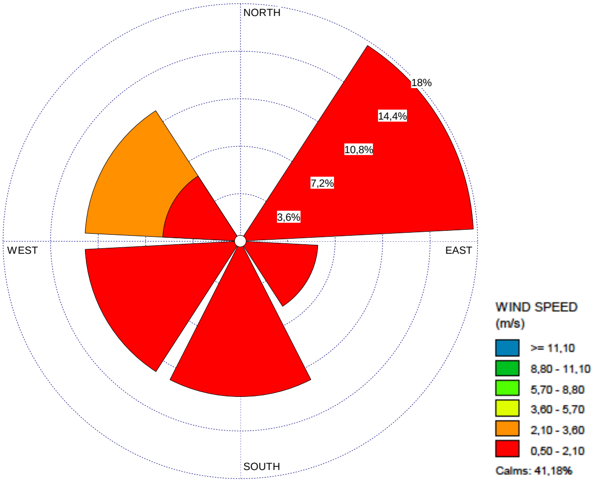


Diagram *Windrose* tanggal 13 April 2019 Pagi

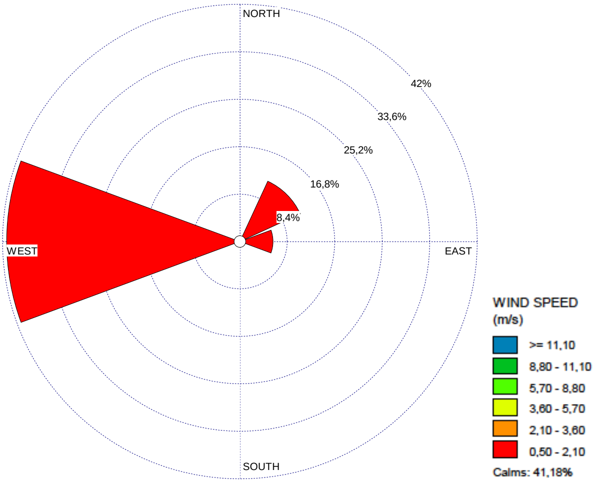


Diagram *Windrose* tanggal 14 April 2019 Malam

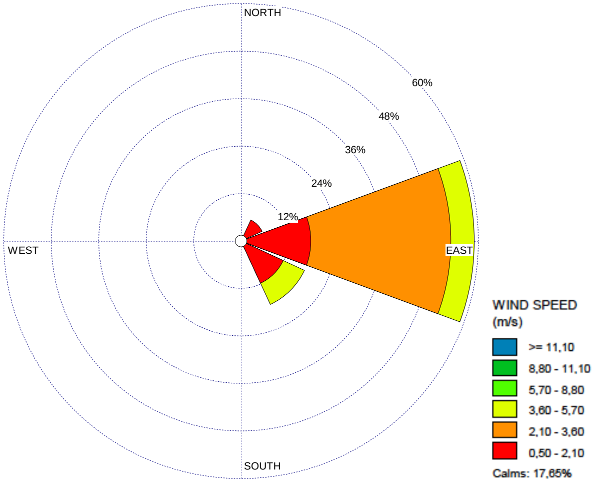


Diagram *Windrose* tanggal 18 April 2019 Pagi

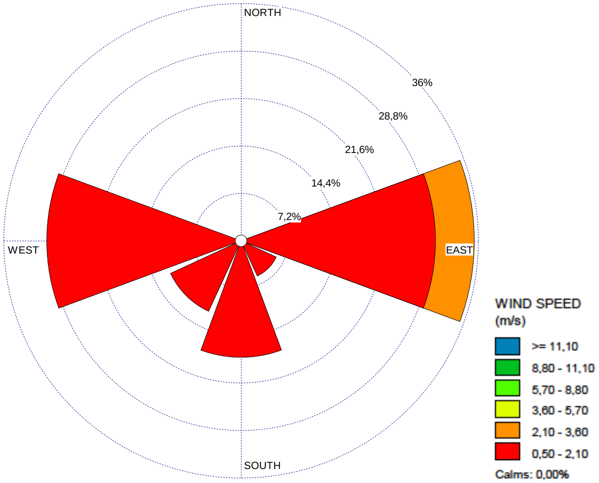


Diagram *Windrose* tanggal 25 Mei 2019 Malam

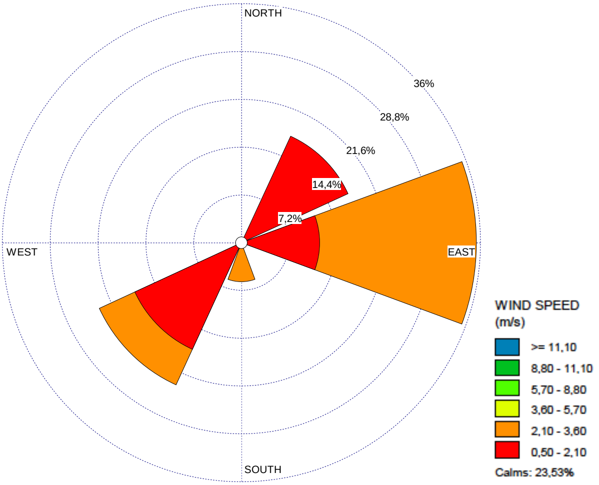


Diagram *Windrose* tanggal 26 Mei 2019 Malam

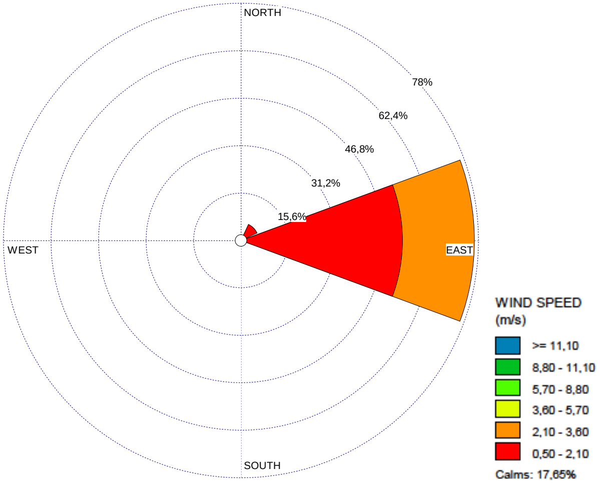


Diagram *Windrose* tanggal 27 Mei 2019 Malam

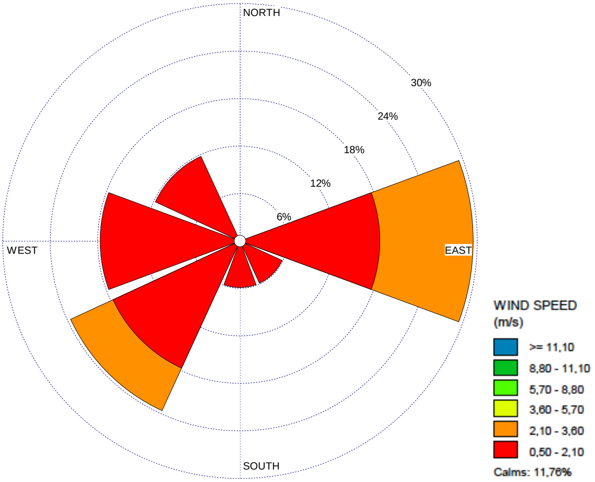


Diagram *Windrose* tanggal 30 Mei 2019 Pagi

Lampiran 5 Persiapan Alat

Persiapan Filter

Persiapan filter Penimbangan filter sebelum dan setelah sampling menggunakan neraca mettler toledo tipe MXS. Sebelum dilakukan penimbangan filter kosong maupun filter yang telah berisi sampel partikulat udara disimpan di ruangan yang terkontrol suhu dan kelembabannya selama minimal 24 jam. Suhu ruangan yang ideal untuk dilakukan penimbangan filter kosong dan sampel adalah pada kondisi 18-25°C, dan kelembaban pada rentang 45-55%. Berikut adalah prosedur penggunaan neraca mettler toledo tipe MXS:

1. Tepatkan level indikator agar masuk ke dalam lingkaran dengan menggerakkan kedua kaki bagian belakang neraca ke arah yang sesuai. Pastikan level indikator tepat berada di tengah lingkaran.
2. Pastikan neraca tidak berbeban, kemudian kabel daya dihubungkan ke jala-jala PLN 220 V
3. Neraca dinyalakan dengan menekan tombol on/off (dalam waktu singkat) maka pada layar monitor neraca akan muncul 0,0000 g/mg dan neraca dibiarkan hingga stabil.
4. Lakukan kalibrasi internal dengan menekan tombol adjust int (terletak di sebelah kiri bawah) dimana kalibrasi akan dilakukan secara otomatis oleh neraca dengan menggunakan massa internal dalam neraca (*build in calibration weight*). Keadaan ini ditunggu beberapa saat hingga muncul pemberitahuan bahwa kalibrasi telah selesai, selanjutnya klik Ok.
5. Penutup kaca neraca dibuka menggunakan tangan untuk menggerakkan handel penutup kaca neraca atau dengan menyentuh panel tanda di sebelah kanan bawah tampilan monitor (untuk membuka penutup kaca ke arah kanan) atau yang di sebelah kiri bawah (untuk membuka penutup kaca berputar ke arah kiri)

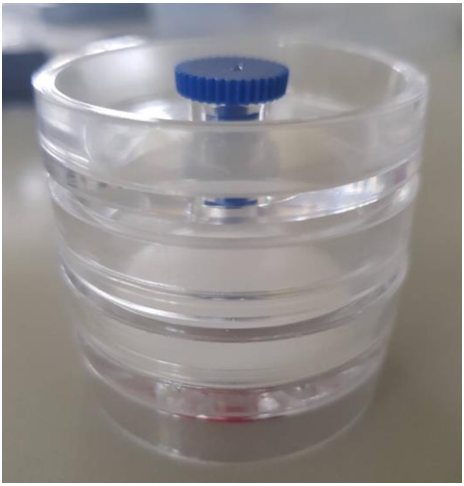
Lampiran 6 Dokumentasi

Pelabelan Filter

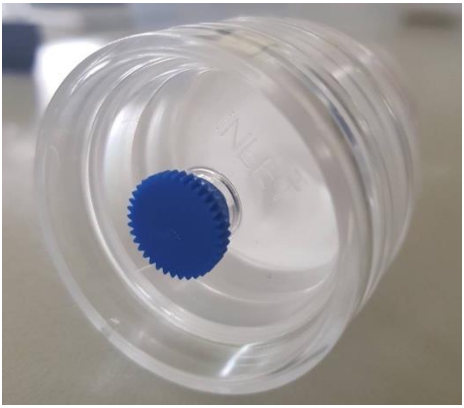
Pengondisian Filter

Proses memasukan sampel ke Wadah XRF

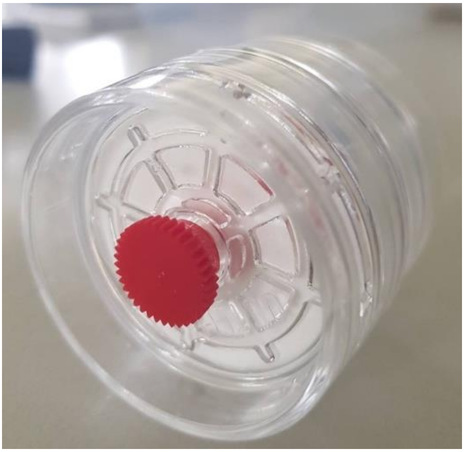
Proses memasukan sampel ke XRF

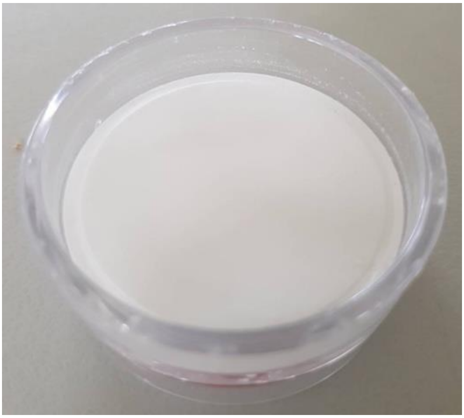


Cassette, 37mm 3PC, 5.0µm PVC (Tampak Depan)



Cassette, 37mm 3PC, 5.0µm PVC (Inlet)


Cassette, 37MM 3PC, 5.0µm PVC (Outlet)


Filter, PVC, 5.0µm, 8" x 10"

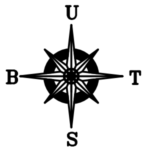
Alat yang terpasang pada Responden Satpam

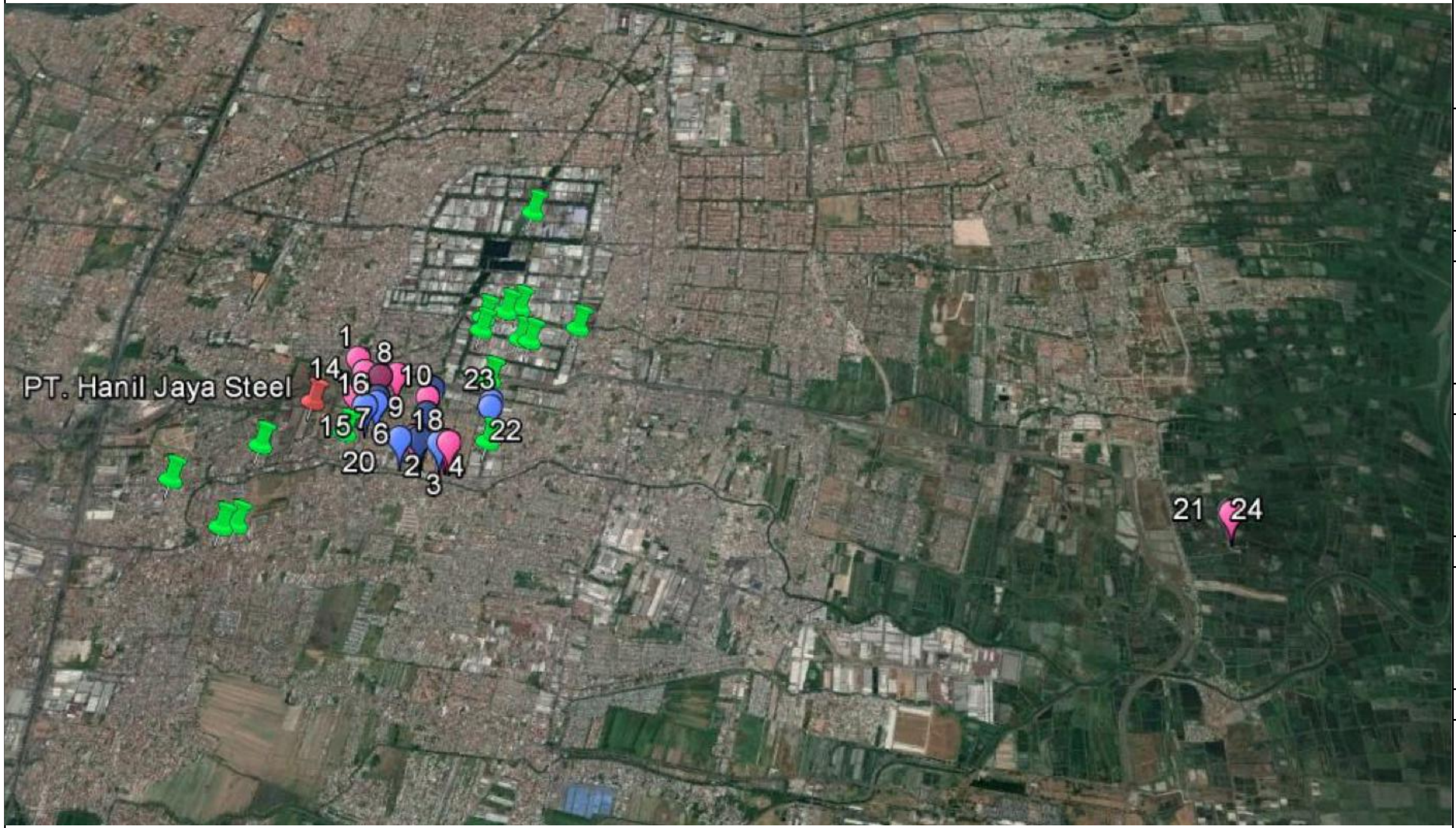
Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Pengambilan Sampel





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi Debu Terespirasi

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

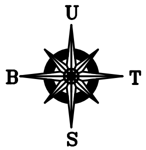
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar	Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam	Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

01



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Peta Lokasi Pengambilan Data Konsentrasi Debu Terespirasi

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

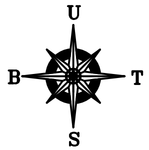
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

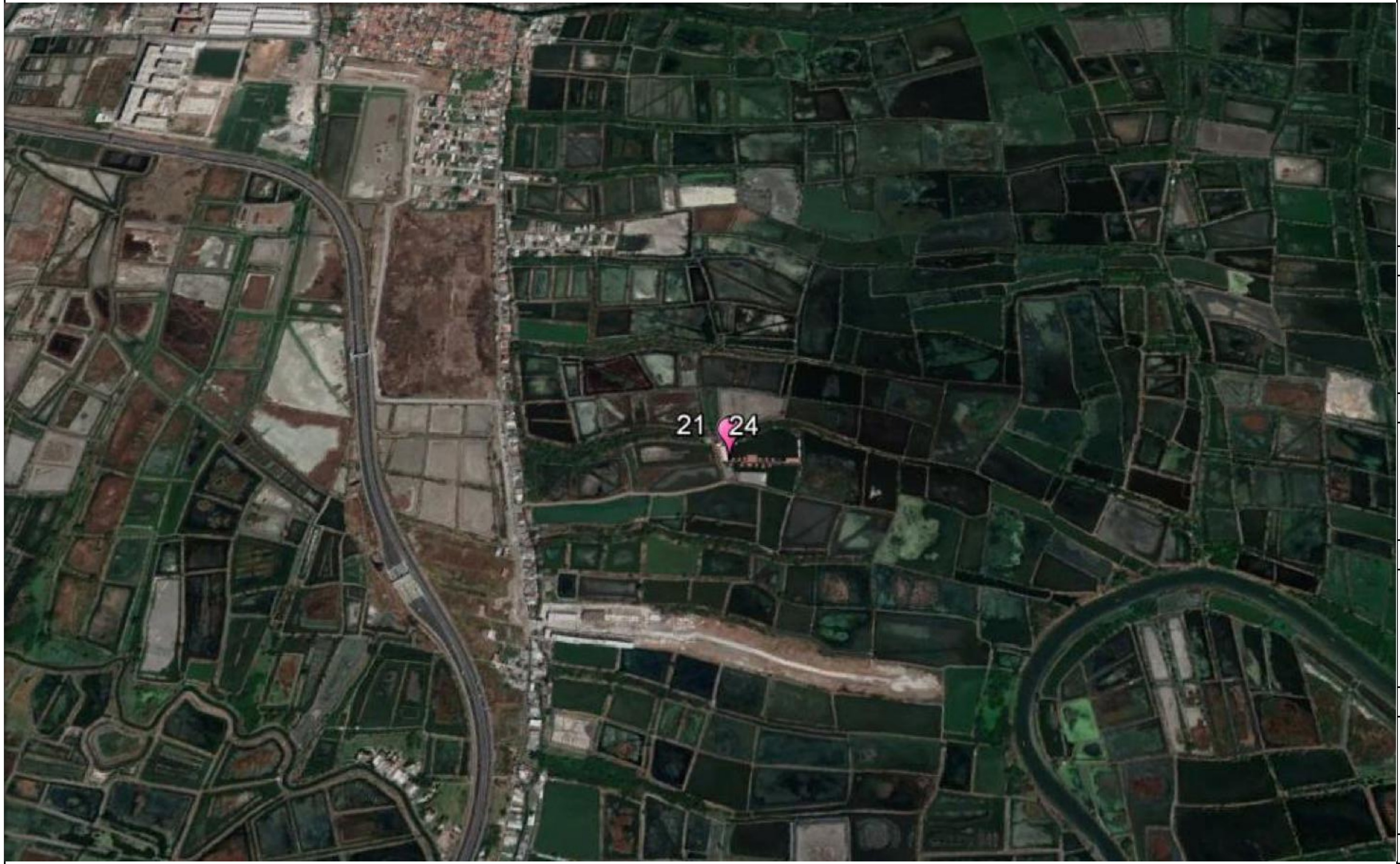
LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar	Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam	Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

02





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Peta Lokasi Pengambilan Data Kontrol Konsentrasi Debu Terespirasi

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar	Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam	Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

03

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 06 April 2019 Siang

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

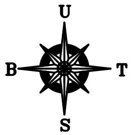
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

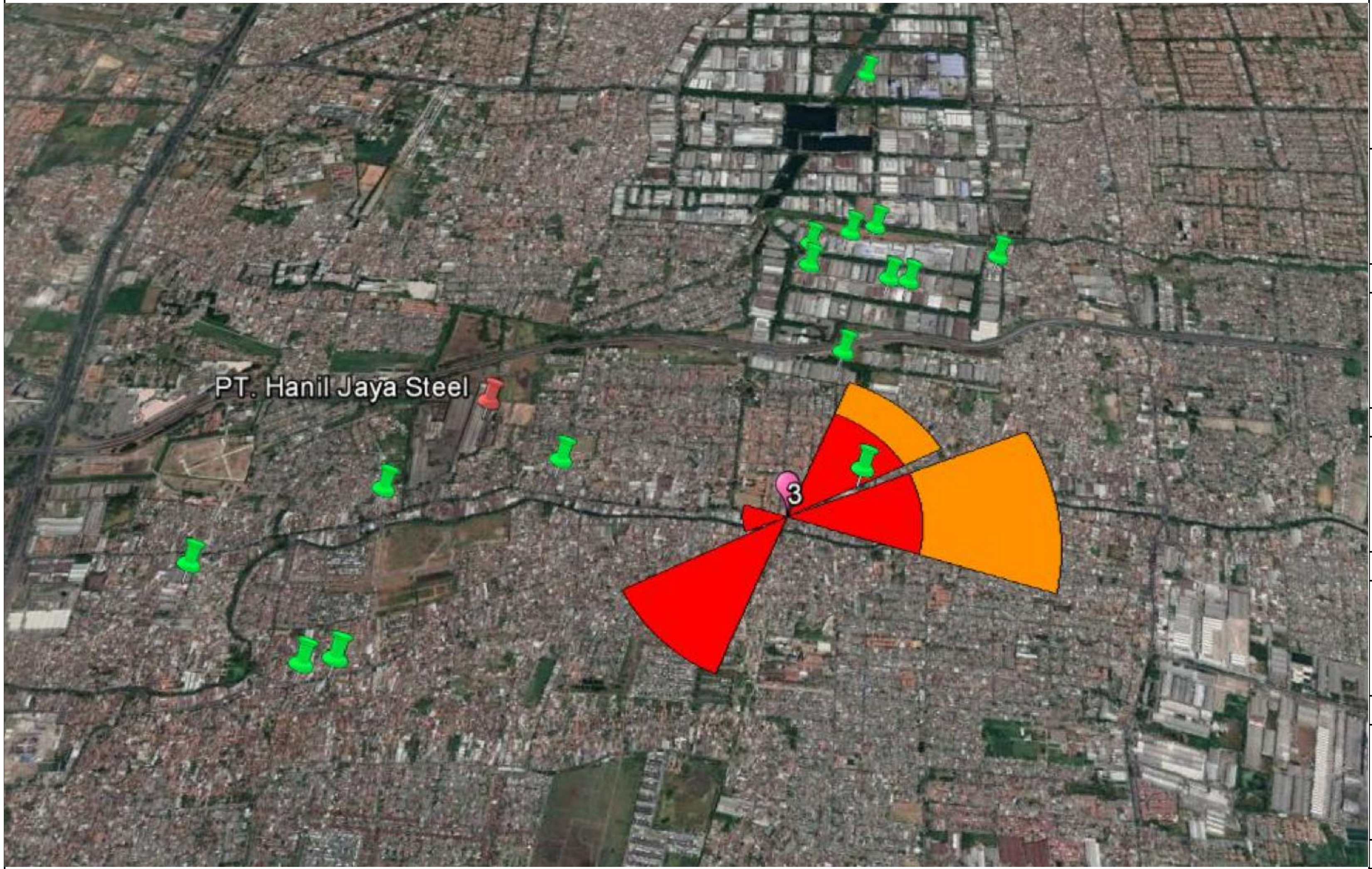
LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar
Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam
Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

04





DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 07 April 2019 Siang

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

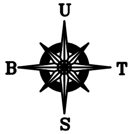
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

- Lokasi Awal Sumber Pencemar
- Lokasi Sampling Malam Hari
- Industri Logam
- Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

05



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 10 April 2019 Siang

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar

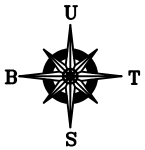
Lokasi Sampling Malam Hari

Industri Logam

Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

06



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 13 April 2019 Malam

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar
Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam
Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

07

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 18 April 2019 Siang

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

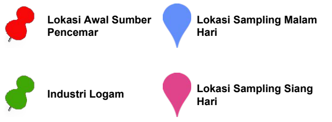
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar
Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam
Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

08



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 25 Mei 2019 Malam

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

- Lokasi Awal Sumber Pencemar
- Lokasi Sampling Malam Hari
- Industri Logam
- Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

09

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

JUDUL GAMBAR

Overlay windrose tanggal 26 Mei 2019 Malam

NAMA MAHASISWA

AHMAD GHOZI AL AMMAR
03211540000098

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, S.T., MEPM.
NIP. 198201192005011001

LEGENDA

Lokasi Awal Sumber Pencemar
Lokasi Sampling Malam Hari
Industri Logam
Lokasi Sampling Siang Hari

NOMOR GAMBAR

10

BIOGRAFI PENULIS

Ahmad Ghozi Al Ammar dilahirkan di Gresik, 07 April 1997. Ayah penulis bernama Mochamad Syaiful dan Ibu penulis bernama Mackfuzah. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Adik pertama bernama Syifa Annisa Salsabila dan yang kedua bernama Ahmad Nibras Qolby.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Kutorejo 01 Tuban pada Tahun 2003-2009. Kemudian dilanjutkan di SMPN 1 Tuban pada Tahun 2009-2012, dan dilanjutkan di SMAN 1 Tuban pada Tahun 2012-2015. Pada Tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian (FTSLK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan terdaftar dengan NRP 03211540000098.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia diberbagai kegiatan lingkup himpunan, departemen dan institusi. Penulis juga aktif sebagai pengurus bidang kesenian dan olahraga HMTL FTSLK ITS, pengurus lembaga dakwah jurusan Al-Kaun HMTL FTSLK ITS dan pengurus bidang pengabdian masyarakat KSR PMI ITS SURABAYA. Pada Tahun 2018, penulis mengikuti kerja praktik mengenai "Studi Teknologi Pengendalian Emisi SO_X, NO_X, CO_2, dan *Particulate Matter* (PM)" di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban-Jawa Timur. Berbagai pelatihan dan seminar nasional di Bidang Teknik Lingkungan telah penulis ikuti dalam rangka pengembangan diri. Apabila ingin mengetahui lebih dalam mengenai penelitian ini, dapat menghubungi penulis via email ahmad.ghozi007@gmail.com atau WA (0857 4847 7844). *Baarakallah*.

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Genap 2018/2019 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 09 Mei 2019 **Nilai TOEFL : 477**
Pukul : 09.00 - 10.00
Lokasi : TL - 101
Judul : KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI KAWASAN INDUSTRI WARU, SIDOARJO
Nama : AHMAD GHOZI AL AMMAR **Tanda Tangan**
NRP. : 03211540000098
Topik : Penelitian Laboratorium dan Penelitan Lapangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, S.T., MEPM. ( )

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Ahmad Ghozi Al-Ammar
NRP : 03211540000098
Judul : Kajian Paparan Logam Terhadap Pekerja Di Sekitar Kawasan Industri Waru, Sidoarjo.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	26/2 2019	Diskusi terkait lokasi sampling yang akan digunakan	[signature]
2.	11/3 2019	Membahas ukuran filter, jenis filter dan alat yang akan digunakan untuk sampling	[signature]
3.	27/3 2019	Membahas data yang akan digunakan sebagai data sekunder untuk pengolahan pada windrose.	[signature]
4.	18/4 2019	Membahas hasil sampling (partikulat pada filter).	[signature]
5.	26/4 2019	Membahas hasil perhitungan dan hasil lab. Pembahasan yang akan dibahas.	[signature]
6.	29/04 2019	Membahas baku mutu dan kajian yang akan dibahas	[signature]
7.	1/05 2019	Membahas kandungan yang akan dianalisis	[signature]
8	2/05 2019	Menentukan sumber pencemar dari industri yang ada.	[signature]

Surabaya, 30 April 2019.
Dosen Pembimbing

[signature]

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR | **Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)**
Periode: Genap 2018-2019 | **No. Revisi: 01**

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 15 Juli 2019 **Nilai TOEFL 477**
Pukul : 09.30 - 10.30 WIB
Lokasi : TL - 102
Judul : KAJIAN PAPARAN LOGAM TERHADAP PEKERJA DI SEKITAR KAWASAN INDUSTRI WARU SIDOARJO

Nama : AHMAD GHOZI AL AMMAR **Tanda Tangan**
NRP. : 03211540000098
Topik : Penelitian Lapangan dan Laboratorium

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1 ✓	Hal 48 ; Gambar 4.6 untuk standar baku mutu PL sebaiknya mengacu ke standar lain → PP 41 utk. TSP
2	Pada kesimpulan poin 1, sebaiknya perata ditambah nilai ± dan rentang .

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, S.T., MEPM ( )

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Ahmad Ghozi Al Ammar
NRP : 03211540000098
Judul Tugas Akhir : Kajian Paparan Logam Terhadap Pekerja di Sekitar Kawasan Industri Waru, Sidoarjo.

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Judul tabel 4.1 dan Gambar 4.7, 4.8 maksudnya diperbaiki	• Judul tabel dan gambar sudah diperbaiki sebagaimana mestinya dan sesuai dengan isi yang terkandung didalamnya.
2	Data-data Industri diploting pada peta untuk analisis sumber.	• Data Industri yang ada dilokasi penelitian sudah diploting pada gambar pada lampiran beserta koordinatnya.
3.	Pada halaman 48 : Gambar 4.6 untuk standar baku mutu pd diganti lagi ke standar lain	• Baku mutu untuk unsur Pb diganti dari PP no 41 ke baku mutu USEPA
4.	Mekanisme dispersi dan reduksi polutan di udara ambien dimasukkan ke dalam tinjauan pustaka.	• Penambahan materi atau penjelasan telah ditambahkan ke dalam tinjauan pustaka.
5.	Pemberian letak koordinat legenda dan mata angin pada peta.	Peta yang baru telah diperbaiki dan ditambahkan penjelasan berupa legenda, arah mata angin dan kop dari ITS.
6.	Perbaikan pada Bab kesimpulan.	Pembacaan kesimpulan telah dilakukan dengan penambahan data dan kemudahan dalam membacanya.

Dosen Pembimbing,

Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM

Mahasiswa Ybs.,

Ahmad Ghozi Al Ammar