



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS PERSEBARAN AEROSOL MENGGUNAKAN
MODIS AOD (*AEROSOL OPTICAL DEPTH*) DENGAN SARA
(*SIMPLIFIED HIGH RESOLUTION MODIS AEROSOL
RETRIEVAL ALGORITHM*) UNTUK MONITORING
KUALITAS UDARA TAHUN 2017
(Studi Kasus: Kota Surabaya, Jawa Timur)**

ISTIQQOMAH
NRP 03311540000050

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RM184831

**ANALISIS PERSEBARAN AEROSOL MENGGUNAKAN
MODIS AOD (*AEROSOL OPTICAL DEPTH*) DENGAN SARA
(*SIMPLIFIED HIGH RESOLUTION MODIS AEROSOL
RETRIEVAL ALGORITHM*) UNTUK MONITORING
KUALITAS UDARA TAHUN 2017
(Studi Kasus: Kota Surabaya, Jawa Timur)**

ISTIQOMAH
NRP 03311540000050

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGMENT - RM184831

**ANALYSIS OF AEROSOL DISTRIBUTION USING MODIS
AOD (AEROSOL OPTICAL DEPTH) USING SARA
(SIMPLIFIED HIGH RESOLUTION MODIS AEROSOL
RETRIEVAL ALGORITHM) FOR AIR QUALITY
MONITORING IN 2017
(Case Study: Surabaya City, East Java)**

ISTIQOMAH
NRP 0331154000050

Advisor
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS.

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Enviromental and Geo-Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERSEBARAN AEROSOL
MENGUNAKAN MODIS AOD (*AEROSOL OPTICAL
DEPTH*) DENGAN SARA (*SIMPLIFIED
HIGHRESOLUTION MODIS AEROSOL RETRIEVAL
ALGORITHM*) UNTUK MONITORING KUALITAS
UDARA TAHUN 2017 (Studi Kasus: Kota Surabaya)**

Nama Mahasiswa : Istiqomah
NRP : 03311540000050
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo
Sukojo, DEA., DESS.

ABSTRAK

Pencemaran udara memiliki dampak yang merugikan, baik bagi alam maupun kesehatan manusia akibat menurunnya kualitas udara, salah satunya dapat diketahui dengan melihat persebaran partikel aerosol. Aerosol merupakan partikel berukuran 10^{-9} – 10^{-4} μm di udara yang berpengaruh terhadap kualitas udara dan iklim.

Untuk monitoring penurunan kualitas udara akibat persebaran aerosol dapat dilakukan dengan memperhitungkan ketebalan persebaran aerosol, salah satunya menggunakan citra MODIS dengan algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*) untuk mendapatkan nilai AOD (*Aerosol Optical Depth*) pada wilayah Surabaya. Persebaran AOD diperhitungan dengan memperhatikan aspek meteorologi dan penggunaan lahan serta dilakukan validasi terhadap SPM dan produk aerosol pada MODIS Level 2.

Hasil dari penelitian didapatkan hasil persebaran AOD dengan nilai tertinggi sebesar $1,794\mu\text{m}$ pada bulan Mei dengan curah hujan sebesar $7,0 \text{ mm/days}$ pada Kecamatan Dukuhpakis. Sedangkan nilai AOD terendah sebesar $0,494\mu\text{m}$ terjadi pada bulan Januari dengan curah hujan sebesar $21,0 \text{ mm/days}$ pada wilayah Benowo. Dari hasil uji akurasi perhitungan persebaran AOD pada Kota

Surabaya termasuk kedalam kategori tinggi yaitu sebesar 86%. Sedangkan pada uji akurasi dengan data SPM memiliki tingkat korelasi sedang yaitu sebesar 42% dengan nilai RMSE sebesar 0,077 μ m. Persebaran AOD sangat dipengaruhi oleh musim hujan, dimana dari perhitungan korelasi memiliki tingkat hubungan yang sedang yaitu 0,545 dan pengaruh aspek pola angin sebesar 0,391 serta pengaruh aspek penggunaan lahan sebesar 0,190. Sehingga dalam penentuan kualitas udara dapat dilihat oleh pengaruh persebaran AOD, dimana persebaran AOD akan rendah jika berlawanan dengan pola angin dan memiliki curah hujan tinggi serta rendahnya penggunaan lahan.

Kata Kunci : Aerosol, AOD, SARA, SPM.

**ANALYSIS OF AEROSOL DISTRIBUTION USING
AOD (AEROSOL OPTICAL DEPTH) WITH MODIS
AOD (SIMPLIFIED HIGH RESOLUTION MODIS
AEROSOL RETRIEVAL ALGORITHM) FOR AIR
QUALITY MONITORING IN 2017**

(STUDY CASE: SURABAYA CITY)

**Nama Mahasiswa : Istiqomah
NRP : 0331154000050
Departemen : Teknik Geomatika
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo
Sukojo, DEA., DESS.**

ABSTRACT

Air pollution has a detrimental effect on both nature and human health due to a decrease in air quality, one of which can be seen by looking at the distribution of aerosol particles. Aerosol is a particle in the air sized 10^{-9} – 10^{-4} μm which effects human health, air quality, and climate

In monitoring air quality decline that affected by aerosol spread can do with calculate aerosol depth distribution, one of them is using SARA algorithm (Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm) to get AOD (Aerosol Optical Depth) spread value in Surabaya City. Spreading of AOD is calculated with observe meteorology and land use aspect. And then validate to SPM and aerosol product in MODIS Level 2.

From this research obtained Spreading of AOD with maximum value amounting to $1.794\mu\text{m}$ in May with rainfall 7.0 mm/days at Dukuhpakis district. While minimum AOD value amounting to $0.494\mu\text{m}$ in January with rainfall 21.0 mm/days at Benowo district.

From the result of accuracy test calculation Spreading of AOD at Surabaya City includes into the high category that is 86%. While the accuracy test with SPM data has middle correlation relationship level that is 42% with RMSE value amounting to 0.077 μm . Spreading of AOD is very impacted by rainfall, where is from correlation calculate has middle correlation relationship that is 0.545 and winds pattern impact amounting to 0.391 μm , and land use impact amounting 0.190. So that in determination air quality could be seen by Spreading of AOD impact, where it will be low if opposite with wind pattern and have high rainfall and low land use.

Keyword — Aerosols, AOD, SARA, SPM

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERSEBARAN AEROSOL MENGUNAKAN MODIS AOD (*AEROSOL OPTICAL DEPTH*) DENGAN SARA (*SIMPLIFIED HIGH RESOLUTION MODIS AEROSOL RETRIEVAL ALGORITHM*) UNTUK MONITORING KUALITAS UDARA TAHUN 2017 (Studi Kasus: Kota Surabaya)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Pada

Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

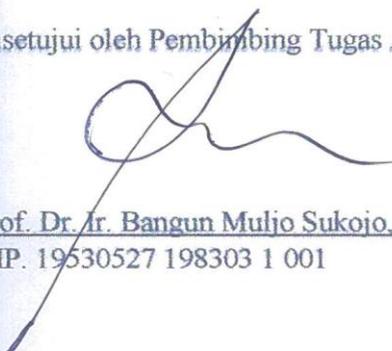
Oleh:

ISTIQOMAH

NRP. 0331 1540000 050

SURABAYA, 10 Mei 2019

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:


Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESA.
NIP. 19530527 198303 1 001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Persebaran Aerosol Menggunakan MODIS AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*) untuk Monitoring Kualitas Udara Tahun 2017 (Studi Kasus: Kota Surabaya)” dengan baik dan lancar.

Dalam penyelesaian laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis Kaspudji dan Sri serta kakak penulis Edi, Erlyn, Fery, Lily dan adik penulis Isfah yang telah menjadi penyemangat bagi penulis serta senantiasa memberikan dukungan penuh, dan doa yang tak berkesudahan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo, DEA., DESS. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan dan masukkan dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak Yanto Budisusanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pengampu Mata Kuliah Tugas Akhir.
5. Bapak Alvaro Cácerés dan Bapak Muhammad Billal selaku pemilik rumus SARA dan yang senantiasa mengarahkan serta membimbing dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Ibu Jihan Ramadhani serta Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Juanda dan Karangploso yang telah membantu dalam pengumpulan data tugas akhir.
7. Segenap Bapak Ibu Dosen beserta laboratorium geospasial dan staf Teknik Geomatika ITS yang telah memberikan ilmu dan membantu kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Wahyu Ristanto yang senantiasa memberikan dukungan, masukkan dan bantuan selama perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.

9. Rossita Yuli, Ari Matiur, Fendra Dwi, Failaql yang senantiasa memberikan dukungan dan masukan selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.
10. Saudara seperjuangan Teknik Geomatika ITS angkatan 2014 dan 2015 yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
11. Serta berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pembuatan laporan, sehingga kritik dan saran akan sangat diperlukan untuk perbaikan kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya, 10 Mei 2019

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kota Surabaya	5
2.2. Kualitas Udara.....	6
2.3. Aerosol	7
2.4. Penginderaan Jauh.....	9
2.5. Citra Satelit Terra MODIS	11
2.6. Citra MODIS untuk Aerosol	15
2.7. Pengolahan MODIS	17
2.6.1. Koreksi Bow-Tie	17
2.6.2. Koreksi Radiometrik	18

2.6.3.	Pemotongan Citra	20
2.8.	Algoritma AOD (<i>Aerosol Optical Depth</i>)	20
2.9.	Algoritma SARA (<i>Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm</i>)	22
2.10.	Data SPM (<i>Suspended Particulate Matter</i>)	29
2.11.	Peranan Curah Hujan terhadap Kualitas Udara	30
2.12.	Peranan Angin terhadap Kualitas Udara.....	32
2.13.	Interpolasi IDW (<i>Inverse Distance Weighted</i>)	33
2.14.	Uji Akurasi	34
2.15.	Uji Korelasi	34
2.16.	Penelitian Terdahulu.....	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	Lokasi Tugas Akhir	41
3.2.	Data dan Peralatan	41
3.2.1.	Data.....	41
3.2.2.	Peralatan	57
3.3.	Metodologi Pekerjaan.....	57
3.3.1.	Tahap Pelaksanaan	57
3.3.2.	Tahap Pengolahan Data	60
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		77
4.1	Hasil Pengolahan Citra LandSat 8.....	77
4.1.1.	Pemotongan Citra	77
4.1.2.	Hasil Klasifikasi Citra	78
4.2	Hasil Pengolahan Curah Hujan.....	81
4.3	Hasil Pengolahan Pola Angin	83

4.4	Hasil Pengolahan SPM.....	84
4.5	Hasil Pengolahan Citra MODIS	86
4.6	Hasil Pengolahan Peta Persebaran Aerosol.....	91
4.7	Hasil Penampalan Peta	104
4.7.1.	Persebaran Aerosol Musim Hujan.....	105
4.7.2.	Persebaran Aerosol Musim Kemarau.....	113
4.8	Uji Korelasi AOD dengan Penggunaan Lahan.....	119
4.9	Uji Korelasi AOD dengan Pola Angin	121
4.10	Uji Korelasi AOD dengan Curah Hujan.....	123
4.11	Uji Korelasi Persebaran Aerosol dan SPM	125
4.12	Uji Akurasi Pengolahan Persebaran Aerosol dengan Persebaran Aerosol pada MODIS L2	127
BAB V PENUTUP.....		131
5.1.	Kesimpulan.....	131
5.2.	Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....		133
LAMPIRAN		141
BIODATA PENULIS.....		225

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Kota Surabaya	5
Gambar 2. 2. Komponen Penginderaan Jauh	10
Gambar 2. 3. Satelit Terra MODIS	12
Gambar 2. 4. Morfologi Efek Bow-Tie	18
Gambar 2. 5. Inverse Distance Weighted Interpolation	34
Gambar 3. 1. Area Penelitian Tugas Akhir	41
Gambar 3. 2. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan	58
Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengolahan Citra MODIS	61
Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengolahan Citra LandSat8.....	66
Gambar 3. 5. Diagram Alir Pengolahan Data Curah Hujan	68
Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengolahan Data Pola Angin	69
Gambar 3. 7. Diagram Alir <i>Overlay</i> dan Analisa.....	70
Gambar 4. 1. Pemotongan Citra	77
Gambar 4. 2. Peta Tutupan Lahan.....	80
Gambar 4. 3. Grafik Perubahan Curah Hujan	81
Gambar 4. 4. Grafik Perubahan Curah Hujan Tahun 2017	82
Gambar 4. 5. Grafik Perubahan SPM Tahun 2017.....	85
Gambar 4. 6. Proses Georeferencing.....	87
Gambar 4. 7. Hasil Kalibrasi Radiometrik	89
Gambar 4. 8. Hasil Pemotongan Citra MODIS	90
Gambar 4. 9. Persebaran AOD Bulan Januari 2017	93
Gambar 4. 10. Persebaran AOD Bulan Februari 2017	94
Gambar 4. 11. Persebaran AOD Bulan Maret 2017	95
Gambar 4. 12. Persebaran AOD Bulan April 2017	96
Gambar 4. 13. Persebaran AOD Bulan Mei 2017	97
Gambar 4. 14. Peta Persebaran AOD Bulan Juni 2017.....	98
Gambar 4. 15. Peta Persebaran AOD Bulan Juli 2017.....	99
Gambar 4. 16. Peta Persebaran AOD Bulan Agustus 2017	100
Gambar 4. 17. Peta Persebaran AOD Bulan September 2017...	101

Gambar 4. 18. Peta Persebaran AOD Bulan Oktober 2017.....	102
Gambar 4. 19. Peta Persebaran AOD Bulan November 2017 ...	103
Gambar 4. 20. Peta Persebaran AOD Bulan Desember 2017....	104
Gambar 4. 21. Peta Persebaran Aerosol Bulan Oktober 2017...	106
Gambar 4. 22. Peta Persebaran Aerosol Bulan November 2017	107
Gambar 4. 23. Peta Persebaran Aerosol Bulan Desember 2017	108
Gambar 4. 24. Peta Persebaran Aerosol Bulan Januari 2017	109
Gambar 4. 25. Peta Persebaran Aerosol Bulan Februari 2017 ..	110
Gambar 4. 26. Peta Persebaran Aerosol Bulan Maret 2017	111
Gambar 4. 27. Peta Persebaran Aerosol Bulan April 2017	112
Gambar 4. 28. Persebaran Aerosol Bulan Mei 2017	114
Gambar 4. 29. Peta Persebaran Aerosol Bulan Juni 2017	115
Gambar 4. 30. Peta Persebaran Aerosol Bulan Juli 2017	116
Gambar 4. 32. Peta Persebaran Aerosol Bulan September 2017	119
Gambar 4. 33. Uji Korelasi AOD dengan Penggunaan Lahan ..	120
Gambar 4. 34. Uji Korelasi AOD Dengan Arah Kecepatan Angin	122
Gambar 4. 35. Uji Korelasi AOD dengan Curah Hujan	124
Gambar 4. 36. Uji Akurasi SPM dan AOD	126
Gambar 4. 37. Grafik Perbandingan AOD	128
Gambar 4. 38. Uji Pearson AOD dengan AOD MODIS L2	128

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Tingkat Pertumbuhan Kendaraan	6
Tabel 2. 2. Resolusi Spasial Band MODIS	14
Tabel 2. 3. Klasifikasi Curah Hujan Menurut Standar Internasional WMO.....	31
Tabel 2. 4. Klasifikasi Curah Hujan Menurut BMKG	31
Tabel 2. 5. Rentang Nilai Korelasi	36
Tabel 3. 1. Data Citra MODIS MOD02HKM Tahun 2017.....	42
Tabel 3. 2. Spesifikasi MODIS Terra MOD02HKM	43
Tabel 3. 3. Data Citra MODIS MOD03 Tahun 2017	45
Tabel 3. 4. Spesifikasi MODIS Terra MOD03.....	46
Tabel 3. 5. Data Citra MODIS MOD09GA Tahun 2017	48
Tabel 3. 6. Spesifikasi MODIS Terra MOD09GA.....	49
Tabel 3. 7. Data Citra MODIS MOD04 Level 2 Tahun 2017.....	51
Tabel 3. 8. Spesifikasi MODIS Terra MOD04 L2	52
Tabel 3. 9. Spesifikasi LandSat 8	54
Tabel 3. 10. Pembagian Skor Tutupan Lahan	73
Tabel 3. 11. Pembagian Skoring Curah Hujan	73
Tabel 3. 12. Pembagian Skoring Intensitas Pola Angin	73
Tabel 3. 13. Pembagian Skoring AOD.....	74
Tabel 3. 14. Pembagian Rentang Kelas.....	74
Tabel 4. 1. Pengolahan Koreksi Atmosfer.....	78
Tabel 4. 2. Nilai Akurasi dan Kappa Klasifikasi Tutupan Lahan	79
Tabel 4. 3. Curah Hujan Rata-rata.....	82
Tabel 4. 4. Intensitas dan Arah Angin Tahun 2017.....	83
Tabel 4. 5. Nilai Perbandingan SPM dan AOD.....	85
Tabel 4. 6. Koreksi Atmosfer MOD02HKM.....	89
Tabel 4. 7. Ketebalan <i>Aerosol Optical Depth</i>	92
Tabel 4. 8. Luas Area Hasil Klasifikasi.....	120
Tabel 4. 9. Kecepatan Pola Angin	121

Tabel 4. 10. Uji Korelasi Curah Hujan dengan AOD.....	123
Tabel 4. 11. Perbandingan Nilai SPM dan AOD.....	125
Tabel 4. 12. Uji Akurasi SPM dan Aerosol.....	125
Tabel 4. 13. Uji Akurasi Produk Modis L2 dan Aerosol.....	129

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Tutupan Lahan	141
Lampiran 2 Lokasi Stasiun Kerjasama Pengamatan Curah Hujan	143
Lampiran 3 Metadata Curah Hujan Stasiun Pengamatan.....	145
Lampiran 4 Data Curah Hujan Bulanan	147
Lampiran 5 Peta Curah Hujan	149
Lampiran 6 Data Intensitas Angin Harian.....	161
Lampiran 7 Peta Pola Angin	163
Lampiran 8 Pola Angin Tahunan	175
Lampiran 9 Peta Persebaran Aerosol	177
Lampiran 10 Peta AOD MODIS Level 2	189
Lampiran 11 Uji Akurasi SPM.....	201
Lampiran 12 Uji Akurasi MODIS Level 2.....	203
Lampiran 13 Peta Persebaran Aerosol dengan Aspek Meteorologi dan Tutupan Lahan.....	213

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aerosol secara umum dapat didefinisikan sebagai suspensi dari larutan atau partikel padat di udara dengan ukuran antara 10^{-9} – 10^{-4} μm . Aerosol dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia, kualitas udara dan juga iklim. Setiap tipe aerosol memiliki efek yang berbeda terhadap iklim (Takemura, dkk. 2000). Aerosol dapat bersumber dari alam ataupun dari kegiatan manusia. Sumber – sumber aerosol yang berasal dari alam antara lain letusan gunung api, garam laut, ataupun debu. Sumber aerosol dari kegiatan manusia berasal dari industri, transportasi, pembakaran bahan bakar fosil dan kebakaran hutan (Harrison dkk. 2009).

Surabaya merupakan ibu kota Provinsi Jawa Timur yang merupakan salah satu pusat aktivitas di Provinsi Jawa Timur, dimana pertumbuhan industri, perdagangan, jasa dan transportasi sangat cepat. Ditinjau dari aktivitas lalu lintas serta aktivitas pabrik yang padat. Data industri dari Disperindag Kota Surabaya terdapat 818 industri besar yang tersebar di seluruh Kota Surabaya, sedangkan jumlah kendaraan pada tahun 2016 mencapai 4.521.629 (Dinas Lingkungan Hidup Jawa Timur 2017). Hal inilah yang menjadi sumber penghasil aerosol utama, serta mempercepat produksi aerosol ke udara.

Penelitian menggunakan citra satelit memiliki keuntungan yaitu mampu menampilkan aerosol secara spasial dalam cakupan yang luas. Penelitian mengenai aerosol sudah pernah dilakukan, dalam penelitiannya yang berjudul *Consistency of the aerosol type classification from satellite remote sensing during the Atmospheric Brown Cloud–East*

Asia Regional Experiment campaign (Kim dkk. 2007). Penelitian tersebut menggunakan algoritma MOA (*MODIS-OMI Algorithm*) untuk mengklasifikasikan tipe aerosol dan analisa pendistribusian tiap tipe aerosol dengan melihat parameter meteorologi seperti angin dan hujan. Lokasi penelitian tersebut sangat luas cakupannya yaitu wilayah Asia Timur. Penelitian lainnya oleh berjudul *MODIS Aerosol Optical Depth Observations Over Urban Areas In Pakistan: Quantity and Quality of the Data for Air Quality Monitoring*, dengan menggunakan algoritma *MODIS Land Over Algorithm* (Gupta, Khan, da Silva, & Patadia 2013).

Lokasi penelitian tugas akhir adalah kawasan Kota Surabaya dengan memanfaatkan data sensor MODIS satelit Terra dan Aqua. Metode yang digunakan adalah algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*). Kemudian data aerosol diuji korelasi dengan variabel curah hujra, angin dan penggunaan lahan untuk melihat pengaruhnya antara pola sebaran aerosol dengan kedua variabel tersebut. Penelitian ini dilakukan pemantauan kualitas udara sepanjang tahun 2017.

1.2 **Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang digunakan berdasarkan latar belakang diatas sebagai berikut:

- a. Bagaimana sebaran partikel aerosol dari pengolahan data sensor MODIS satelit Terra sepanjang tahun 2017?
- b. Bagaimana perbandingan sebaran aerosol dari pengolahan citra terhadap perngaruh kualitas udara berdasarkan nilai AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan data statistika SPM (*Suspended Particulate Matter*)?

- c. Bagaimana pemetaan persebaran emisi aerosol di kawasan Kota Surabaya terhadap pengaruh dari curah hujan, pola angin dan penggunaan lahan?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Wilayah penelitian ini meliputi Kota Surabaya yang berada di Provinsi Jawa Timur.
- b. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sensor MODIS satelit Terra (MOD02HKM untuk kanal reflektan TOA, MOD03 untuk *zenith angle* dan *azimuth angle*, MOD09GA untuk *surface reflectance*, MOD04L2 untuk data aerosol daratan), data curah hujan dan angin, citra LandSat dan data insitu (SPM).
- c. Penelitian ini memberikan informasi persebaran aerosol menggunakan algoritma AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan menggunakan algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*).
- d. Penelitian ini membandingkan sebaran aerosol dari pengolahan citra dengan pengaruh kualitas udara berdasarkan nilai AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan data stastistika SPM PM10 (*Suspended Partikulat Matter*).

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mendapatkan perubahan persebaran aerosol sebagai pengaruh kualitas udara dari pengolahan data sensor MODIS satelit Terra sepanjang tahun 2017.
- b. Untuk menghasilkan perbandingan sebaran aerosol dari pengolahan citra terhadap perngaruh kualitas udara

berdasarkan nilai AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan data statistika SPM (*Suspended Particulate Matter*).

- c. Untuk menghasilkan korelasi dari pemetaan sebaran emisi aerosol di kawasan Kota Surabaya terhadap pengaruh curah hujan dan pola angin serta penggunaan lahan.

1.5 **Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah memberikan informasi tingkat persebaran aerosol dan untuk mengetahui lokasi yang memiliki tingkat pencemaran udara tinggi, dimana hal ini berhubungan dengan pencemaran udara dan tingkat kualitas udara di Kota Surabaya sehingga masyarakat mengetahui pentingnya menjaga kualitas udara dan dampak kualitas udara bagi kesehatan, serta sebagai rekomendasi bagi pemerintah untuk menggunakan metode ini sebagai perhitungan sebaran emisi aerosol dan pemantauan kualitas udara untuk acuan dalam melakukan kebijakan kegiatan dalam menaikan kualitas udara menjadi lebih baik. Selain itu bagi peneliti, algoritma ini dapat digunakan sebagai pengembangan teknologi dan penelitian selanjutnya yang terkait dengan topik penelitian ini.

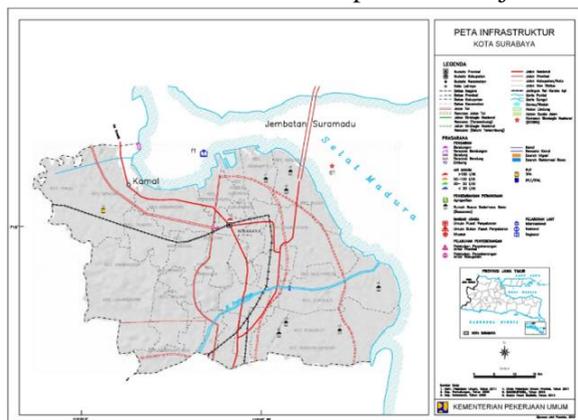
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kota Surabaya

Surabaya adalah Ibu Kota Provinsi Jawa Timur dan merupakan kota terbesar setelah Jakarta, sekaligus kota metropolitan terbesar di provinsi tersebut. Secara geografis Surabaya terletak pada koordinat $07^{\circ} 9''$ - $07^{\circ} 21''$ LS dan $112^{\circ} 36''$ – $112^{\circ} 54''$ BT serta terletak di pantai utara Pulau Jawa bagian timur dan berhadapan dengan Selat Madura serta Laut Jawa.

Batas area Surabaya adalah sebagai berikut :

- Batas Utara : Selat Madura
- Batas Barat : Kabupaten Gresik
- Batas Timur : Selat Madura
- Batas Selatan : Kabupaten Sidoarjo



Gambar 2. 1. Kota Surabaya (Kementrisn PU 2012)

Data industri dari Disperindag Kota Surabaya terdapat 818 industri besar yang tersebar di seluruh Kota

Surabaya, sedangkan jumlah kendaraan pada tahun 2016 mencapai 4.521.629 unit (BPS 2017), dimana hal tersebut meningkat sangat jauh dari tahun sebelumnya, seperti pada tabel 2.1. berikut:

Tabel 2. 1. Tingkat Pertumbuhan Kendaraan (BPS 2017)

Tahun	Jumlah Kendaraan
2009	1.483.271
2010	1.584.453
2011	1.645.212
2012	1800.415
2013	1.903.039
2014	2.011.512
2015	2.126.168
2016	4.521.629

Dari tabel 2.1. didapatkan pertumbuhan jumlah kendaraan yang sangat tinggi dari setiap tahunnya. Hal ini salah satu penyebab dari naiknya pencemaran udara. Selain hal tersebut, didukung juga data statistik kenaikan perindustrian dan area penggunaan lahan yang sangat signifikan. Hal inilah yang menjadi sumber penghasil aerosol utama, serta mempercepat produksi aerosol ke udara. Dari penyebab tersebut menjadikan kualitas udara di Kota Surabaya menurun dikarenakan tidak seimbang antara pencemaran udara dengan RTH sebagai pengurangan polusi (Muchlisa 2014) .

2.2. Kualitas Udara

Kualitas udara khususnya di perkotaan merupakan komponen lingkungan yang sangat penting, karena akan

berpengaruh langsung terhadap kesehatan masyarakat maupun kenyamanan kota. Limbah gas buang di Kota Surabaya yang merupakan penyebab penurunan kualitas udara digolongkan ke dalam sumber tidak bergerak (kegiatan industri, rumah tangga dan pembakaran sampah) dan sumber bergerak (kegiatan transportasi) (Dinas Lingkungan Hidup Jawa Timur 2017).

Kualitas udara perkotaan umumnya cenderung memiliki kondisi yang cukup memprihatinkan, permasalahan lingkungan ini tidak dapat terpisahkan dari kehidupan kota-kota seluruh dunia. Angka yang didapat dari kota-kota yang sedang berkembang dan umumnya banyak diantara mereka tidak ada ukuran pengontrol polusi, kemungkinan akan terjadi pencemaran bagi buruh, dan kualitas hidup sebagian besar penduduk kota akan semakin memburuk. Walaupun beberapa kemajuan telah dicapai dalam pengendalian polusi udara di negara-negara industri lebih dari dua dekade terakhir ini, kualitas udara terutama di kota-kota besar negara sedang berkembang lebih buruk (Yusad 2002).

2.3. Aerosol

Aerosol merupakan suspensi berupa partikel padat atau cair di dalam gas, Aerosol digunakan untuk menyebut partikel-partikel halus yang tersebar di atmosfer Bumi dalam ukuran yang berbeda-beda pada kisaran 0,001 mikrometer hingga 1000 mikrometer (1 mikrometer = satu per sejuta meter) (Zhang dkk. 2018).

Aerosol merupakan partikel padat atau cair yang

tersuspensi di udara. Aerosol terdiri dari dua fasa yang terdiri dari partikel dan gas dimana partikel-partikel tersebut tersuspensi di dalamnya (Pudjadi, Wahyudi, Warsona, dan Syarbaini 2016). Jika partikel internal terdiri dari partikel zat cair, sistem koloid itu berupa awan atau embun. Jika partikel internal terdiri dari partikel zat padat, sistem koloid itu berupa asap atau debu.

Beberapa aerosol muncul secara alamiah, seperti yang berasal dari letusan gunung berapi, badai pasir, kebakaran hutan dan padang rumput, vegetasi yang hidup dan percikan/buih air laut. Di samping itu, aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar minyak, buangan industri ke udara, pertambangan, transportasi, dan perubahan tutupan permukaan alam juga menghasilkan aerosol. Secara keseluruhan, aerosol yang merupakan hasil dari aktivitas manusia pada saat ini terhitung sekitar 10% dari total jumlah aerosol di atmosfer, terutama di lokasi-lokasi industri, kawasan-kawasan pertanian yang dibakar/perladangan, dan padang rumput (Rosida 2016).

Aerosol atmosfer adalah partikel padat atau cairan yang tersuspensi di udara dalam ukuran yang kecil/ halus. Aerosol sangat bervariasi dalam ukuran, sumber, komposisi kimia, jumlah dan distribusinya terhadap ruang dan waktu, serta kemampuan untuk bertahan di udara. Aerosol dipancarkan langsung sebagai partikel, dan dibentuk di atmosfer oleh gas menjadi partikel setelah proses konversi. Aerosol berasal dari aerosol alami dan manusia, kemudian aerosol dapat hilang dari atmosfer melalui 2 cara yaitu mengendap di permukaan bumi dan pencucian saat terjadi hujan. Aerosol di atmosfer dianggap

menjadi partikel dengan ukuran diameter nano meter hingga 10 mikrometer. Pada udara, partikel dapat berubah ukuran, dan komposisinya oleh kondensasi dari uap air atau evaporasi, pengentalan dengan partikel lain, reaksi kimia, aktivasi dengan adanya jenuh air menjadi kabut, dan tetesan awan. Jenis aerosol berdasarkan bentuk partikel di atmosfer (Seinfeld dkk. 2016)

Partikel aerosol dapat hilang dari atmosfer melalui dua mekanisme yaitu pengendapan di permukaan bumi (deposisi kering) dan penggabungan ke dalam tetesan awan selama pembentukan presipitasi (pengendapan basah). Deposisi basah dan kering menyebabkan waktu tinggal yang relatif singkat di troposfer, hal ini disebabkan karena distribusi geografis sumber partikel sangat tidak seragam, sehingga aerosol di troposfer sangat bervariasi dalam konsentrasi dan komposisinya di atas bumi. Waktu tinggal partikel aerosol dalam troposfer bervariasi mulai dari beberapa hari sampai beberapa minggu (Mölders 2013).

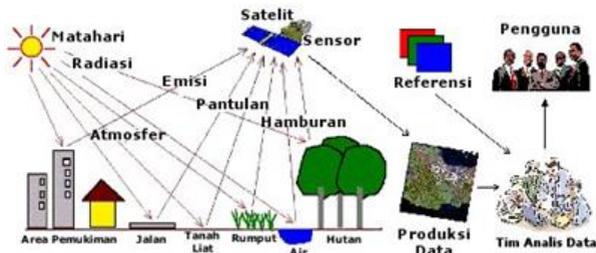
2.4. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah atau gejala dengan cara menganalisis data yang didapat dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah atau gejala yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1979). Selain itu, penginderaan jauh merupakan penggunaan dari sensor radiasi elektromagnetik untuk merekam gambar lingkungan bumi yang dapat diinterpretasikan sehingga menghasilkan informasi yang

berguna (Curran, 1985), dimana informasi yang dihasilkan adalah citra foto maupun non foto.

Sistem penginderaan jauh dilengkapi dengan sensor dan kamera yang dapat merekam objek di alam. Rekaman data oleh sensor dari objek di bumi berupa data numeris (*digit*) yang dinyatakan sebagai besarnya nilai pantul gelombang elektromagnetik (*intensitas spectral*), yang dipantulkan oleh objek dalam suatu ukuran tertentu (*resolusi spasial*) (Sukojo 2012).

Komponen dari penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen/komponen meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan, dan berbagai pengguna data. Konsep dasar dari komponen penginderaan jauh digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 2. Komponen Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh pasif maupun aktif memerlukan sumber tenaga, dimana tenaga dalam penginderaan jauh pasif terdiri atas sistem yang menggunakan sinar matahari, sedangkan penginderaan jauh aktif terdiri dari sistem yang menggunakan tenaga buatan seperti gelombang mikro. Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga

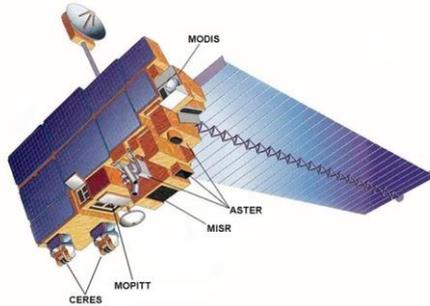
elektromagnetik, yang meliputi p tlc p kosmis, gamma, sinar X, ultraviolet, sinar tampak, inframerah, gelombang mikro dan gelombang rasio.

Sensor adalah alat perekam obyek bumi. Sensor dipasang pada wahana dan letaknya jauh dari obyek yang diindera, maka diperlukan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut. Tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap bagian dari elektromagnetik. Di samping itu juga kepekaannya berbeda dalam merekam obyek terkecil yang masih dapat dikenali dan dibedakan terhadap obyek lain atau terhadap lingkungan sekitarnya. Sensor yang terdapat pada citra memperoleh data pada seluruh fitur permukaan bumi dan merefleksikan energi elektromagnetik, dan data ini dianalisa untuk memberikan informasi tentang sumber yang diselidiki. Batas kemampuan memisahkan setiap obyek dinamakan resolusi.

2.5. Citra Satelit Terra MODIS

Wahana untuk menempatkan sensor satelit berkembang dengan sangat cepat terutama setelah teknologi satelit. Sebuah sensor biasanya terdiri dari kumpulan sensor yang mempunyai kemampuan untuk menangkap rentang panjang gelombang yang berbeda-beda, dan biasanya disebut chanel/band. Satelit biasanya mempunyai satu band hingga ratusan bands (*Hyperspectral*). MODIS merupakan satelit yang dapat merekam aerosol dengan tujuh saluran band yang dikalibrasi yaitu 0,47, 0,66, 0,67, 0,87, 1,24, 2,1 μ m. Algorithma aerosol pada MODIS telah dilakukan untuk

menghasilkan nilai AOF (*Aerosol Optical Depth*) (Chudok, 2002).



Gambar 2. 3. Satelit Terra MODIS (Anderson 2016)

Salah satu satelit yang ditujukan untuk memantau atmosfer adalah satelit MODIS. MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan sensor multispektral yang memiliki jumlah 36 band dan mempunyai resolusi spasial yang berbeda-beda mulai dari 250 m (band 1-2), 500 m (band 3-7), 1000 m (band 8-36) dengan panjang gelombang mulai dari 0,620-14,385 μm . Sensor ini mengorbit bumi secara polar pada ketinggian 705 km, lebar cakupan lahan pada permukaan bumi setiap putarannya sekitar 2330 km. Pantulan gelombang elektromagnetik yang diterima sensor MODIS sebanyak 36 bands (36 interval panjang gelombang). Data terkirim dari satelit dengan kecepatan 11 *Mega bytes* setiap detik dengan resolusi radiometrik 12 bits. Artinya obyek dapat dideteksi dan dibedakan sampai 212 (= 4.096) derajat keabuan (*grey levels*). MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1-2 hari dengan *whisk-broom*

scanning imaging radiometer. MODIS dengan lebar tampilan (lebih 2300 km) menyediakan citra radiasi matahari yang direfleksikan pada siang hari dan emisi termal 13 siang/ malam diseluruh penjuru bumi (Hutchison 2002).

Satelit TERRA MODIS merupakan program jangka panjang untuk mengamati, meneliti, dan menganalisa lahan, lautan, atmosfer bumi, dan interaksi diantara faktor-faktor ini. Satelit Terra berhasil diluncurkan pada Desember 1999.

Kelebihan MODIS dibanding NOAA-AVHRR adalah lebih banyaknya spektral panjang gelombang (resolusi radiometrik) dan lebih telitinya cakupan lahan (resolusi spasial) serta lebih kerapnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal).

Produk MODIS dikategorikan menjadi tiga bagian: produk pengamatan vegetasi, radiasi permukaan bumi, dan tutupan lahan. Diantara capaian riset adalah pendeteksian kebakaran hutan, pendeteksian perubahan tutupan lahan dan pengukuran suhu permukaan bumi. Suhu permukaan bumi dipadukan dengan data albedo (fraksi cahaya yang dipantulkan permukaan bumi) dimanfaatkan untuk pemodelan iklim. Dengan resolusi spasial yang semakin tinggi, dimungkinkan riset tentang prakiraan, dampak serta adaptasi regional yang diperlukan dalam menghadapi perubahan lingkungan. Pada MODIS terdapat banyak band, antara lain seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Resolusi Spasial Band MODIS (Franz 2008)

Band	λ (μm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan Utama
<i>Saluran Reflektan (Pantulan)</i>			
1	0,620 - 0,670	250	Aerosol, Awan, Lahan
2	0,841 - 0,876	250	
3	0,459 - 0,479	500	Aerosol, Awan, Ketebalan Optis, Bentuk Awan, Masking Awan, Salju, Lahan/Tanah
4	0,545 - 0,565	500	
5	1,230 - 1,250	500	
6	1,628 - 1,652	500	
7	2,105 - 2,155	500	Warna Laut, Klorofil, Fitoplankton, Biogeokimiawi
8	0,405 - 0,420	1000	
9	0,438 - 0,448	1000	
10	0,483 - 0,493	1000	
11	0,526 - 0,536	1000	Sedimen, Atmosfer
12	0,546 - 0,556	1000	
13	0,662 - 0,672	1000	Flouresense
14	0,673 - 0,683	1000	
15	0,743 - 0,753	1000	Aerosol Atmosfer
16	0,862 - 0,877	1000	
17	0,890 - 0,920	1000	Uap Air, Awan
18	0,931 - 0,941	1000	
19	0,915 - 0,965	1000	
26	1,360 - 1,390	1000	Awan Sirus
<i>Saluran Radian (Pancaran)</i>			
Band	λ (μm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan Utama
20	3,660 - 3,840	1000	Permukaan dan Awan, Suhu, Api dan Vulkanik,
21	3,929 - 3,989	1000	
22	3,929 - 3,989	1000	

Lanjutan Tabel 2. 2.

Band	λ (μm)	Resolusi Spasial (m)	Kegunaan Utama
23	4,020 - 4,080	1 000	Suhu Muka Laut
24	4,433 - 4,498	1000	Suhu Atmosfer
25	4,482 - 4,549	1000	
27	6,535 - 6,895	1000	Uap Air Troposfer
28	7,175 - 7,475	1000	
29	8,400 - 8,700	1000	Partikel Awan
30	9,580 - 9,880	1000	Total Kandungan Ozon
31	10,780 - 11,280	1000	Awan, Api, Suhu Permukaan
32	11,770 - 12,270	1000	
33	13,185 - 13,485	1000	Ketinggian Awan, Suhu, Tekanan, Profil Suhu/Temperatur
34	13,485 - 13,785	1000	
35	13,785 - 14,085	1000	
36	14,085 - 14,385	1000	

2.6. Citra MODIS untuk Aerosol

Satelit penginderaan jauh yang dilakukan untuk pengukuran aerosol telah mengalami sejarah yang panjang sejak akhir tahun 1970. Satelit pertama yang mampu mendeteksi aerosol adalah AVRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), namun hanya sifat aerosol yang berasal dari lautan saja yang dapat dilihat oleh satelit tersebut dengan menggunakan algoritma *deep blue*. pada tahun 2005 AVRR telah mampu mendeteksi aerosol pada daratan, namun pada pendeteksian daratan masih dalam pengembangan, sehingga diperlukan penambahan algoritma untuk mendeteksian lebih detail. Jangkauan spektral AVHRR sangat terbatas hanya memiliki 2 saluran dalam spektrum matahari reflektif sehingga membuatnya

sulit untuk memisahkan sinyal yang diamati pada komponen atmosfer dan tanah. Selanjutnya ditemukan satelit TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) yang mampu mendeteksi aerosol di atas tanah dan laut dengan menggunakan spectrum ultraviolet (0,34 dan 0,38 μM). TOMS memiliki resolusi yang relatif kasar dengan resolusi yang sangat besar yaitu 50 km yang membuatnya sulit untuk menghindari kontaminasi awan. Meskipun TOMS tidak memiliki pemisahan yang menyebabkan permukaan bumi seragam gelap karena spektrum ultraviolet, namun TOMS memiliki kepekaan yang kuat dalam mendeteksi menyerap aerosol untuk aplikasi aerosol pada batas ketinggian tertentu (Levy dkk. 2013).

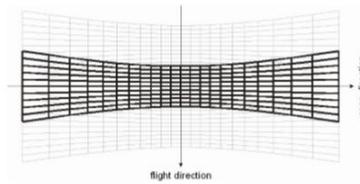
Sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) pada EOS-Terra diluncurkan pada 1999 dan EOS-Aqua pada tahun 2002 dirancang secara sistematis untuk mengambil sifat aerosol, baik pada tanah dan laut (Kaufman dan Tanré 2008). Produk MODIS untuk aerosol level 2 adalah jenis MOD_04 dengan resolusi 10 km. selanjutnya produk MODIS MOD_04 dilakukan penambahan algoritma untuk meningkatkan produk kualitas aerosol. Peningkatan produk kualitas aerosol ini menghasilkan produk MODIS level 3. Produk MODIS aerosol level 3 pada jenis MOD 08_E3 telah digriding menghasilkan resolusi spasial $5 \times 5 \text{ km}^2$ (Remer dkk. 2008). Kemampuan MODIS untuk memperoleh aerosol optical depth (τ_a) atas tanah dan laut, bersama dengan karakteristik yang dimilikinya mempunyai peningkatan kemampuan untuk melihat aerosol dalam skala regional dari sumber dan wilayah tujuan (Chu dkk. 2002).

2.7. Pengolahan MODIS

Pada pengolahan MODIS Terra terdapat beberapa proses yang perlu dilakukan, antara lain adalah sebagai berikut:

2.6.1. Koreksi Bow-Tie

Data mentah pada baris – baris tertentu citra MODIS terdapat kerusakan citra berupa duplikasi baris di bagian tertentu. Hal ini terjadi karena pada perangkat satelit terdapat peningkatan *Instantaneous Field Of View* (IFOV) dari 1×1 km pada titik terendah (nadir) menjadi hampir mendekati 2×5 km pada sudut scan maksimum yaitu 55° . Pengaruh Bow-Tie terjadi ketika sensor pemindaian mencapai sudut 15° , besar sudut semakin meningkat maka menyebabkan semakin jelas efeknya (Wen, Liu, dkk. 2008). Untuk memperbaiki kerusakan tersebut perlu dilakukan koreksi Bow-Tie untuk menghilangkan efek tersebut. Selanjutnya seluruh data pada citra asli ditransformasikan secara matematik ke citra akhir atau resampling. Dalam hal ini dibentuk piksel baru sebagai perbaikan pada piksel lama yang mengalami kerusakan yaitu dengan teknik “tetangga terdekat” (*nearest neighbour*). Teknik ini dilakukan dengan mengalihkan titik keabuan piksel yang telah terkoreksi dengan harga keabuan piksel tetangganya pada citra semula (Rumondang 2011).



Gambar 2. 4. Morfologi Efek Bow-Tie (Wen, dkk. 2008)

Pada Gambar 2.3 menunjukkan bahwa data yang dipengaruhi oleh efek Bow-Tie menempati sebagian samping dari gambar. Oleh karena itu, efek Bow-Tie harus dihapus sebelum aplikasi data MODIS dikeluarkan. Pemindaian pertama dan ketiga diwakili oleh grid abu-abu terang, sementara pemindaiannya ditampilkan dalam warna hitam (Wen, Liu, dkk. 2008).

2.6.2. Koreksi Radiometrik

Pada koreksi radiometric dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut:

a) Kalibrasi Radiometrik

Kalibrasi radiometrik merupakan proses untuk memperbaiki kualitas visual citra, dalam hal memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Menurut Mather (2004), dipengaruhi oleh lima faktor yaitu: pantulan atau reflektansi objek, bentuk dan besaran interaksi atmosfer, kemiringan dan arah hadap lereng, sudut pandang sensor, dan sudut ketinggian matahari.

Citra satelit pada umumnya mengandung nilai *Digital Number* (DN) asli yang belum diproses berdasarkan nilai spektral radian sesungguhnya yang berdampak pada hasil informasi yang kurang akurat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai sudut

perekaman, lokasi matahari, kondisi cuaca dan faktor pengaruh lainnya. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi radiometrik untuk memperbaiki nilai piksel dengan cara mengkonversi nilai DN menjadi nilai unit spektral reflektan (*reflectance*) atau disebut nilai pantulan dan spektral radian (*radiance*) atau disebut dengan nilai pancaran.

Pada citra MODIS Level 1B dilakukan kalibrasi radiometrik dengan menghitung nilai reflektansi (kanal 1 – 19 dan 26) dan nilai radian (kanal 20 – 25, 27 – 36 dan sensor zenith) pada MODIS Level 1B MOD02HKM. Sesuai dengan nilai digital yang diperoleh dari citra MODIS Level 1B pada kanal 31 dan kanal 32 dikalibrasi menjadi nilai radian dengan formula sebagai berikut (Xiong, Toller, dkk. 2013):

$$L = L_Scale_i (S_i - L_Offset_i) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| L | = Nilai radian pada kanal i |
| L_Scale _i | = Skala radian pada kanal i |
| L_Offset _i | = Nilai offset radian pada kanal i |
| S _i | = Scale Integer pada kanal i |

b) Koreksi Atmosfer

Koreksi Atmosfer merupakan kegiatan untuk merubah reflektan yang diterima sensor (ρ_{toa}) menjadi reflektan permukaan (ρ_{boa}) atau merubah radian yang diterima sensor (L_{toa}) menjadi radian permukaan (L_{boa}). Koreksi Atmosfer adalah proses yang diperlukan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer pada data

penginderaan jauh yang direkam oleh sensor (Jaelani 2018).

Berikut ini merupakan persamaan untuk melakukan koreksi atmosfer (Billal, dkk. 2013):

$$\rho_{TOA} = \frac{\pi L_{TOA}(\lambda) d^2}{ESUN_{\lambda} \mu_s} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

ρ_{TOA} : *top of atmosphere reflectance*

$L_{TOA}(\lambda)$: *top of atmosphere radiance*

d : jarak astronomi bumi – matahari

$ESUN$: radiasi rata – rata *solar exoatmospheric*

μ_s : cosin sudut zenith matahari

2.6.3. Pemotongan Citra

Data satu scene citra pada MODIS mempunyai cakupan wilayah yang sangat luas, akan tetapi biasanya tidak semua data yang tercakup dalam satu scene citra tersebut dibutuhkan, maka sebaiknya dilakukan pemotongan citra (cropping). Hal ini bertujuan untuk memperkecil besar file yang digunakan sehingga pemrosesan data lebih cepat dilakukan dan efektif dan juga untuk mengetahui daerah mana yang dipilih. Pemotongan citra dapat dilakukan sebelum koreksi geometrik ataupun sesudah koreksi geometrik, tetapi sebaiknya pemotongan citra dilakukan setelah pengolahan karena dikhawatirkan ada perubahan nilai DN sebelum dipotong dan sesudah dipotong. Pemotongan citra ini dapat dilakukan dengan me-subset citra atau dengan menggunakan region of interest (ROI).

2.8. Algoritma AOD (Aerosol Optical Depth)

AOD (*Aerosol Optical Depth*) adalah nilai aerosol yang dihasilkan dari fraksi radiasi yang diabsorpsi oleh partikel aerosol pada garis vertikal, dari permukaan atau pada lintang tertentu ke bagian atas atmosfer, dan akan menghasilkan nilai kedalaman aerosol (Remer dkk. 2008)

Kedalaman optik adalah ukuran proporsi radiasi yang diserap atau yang tersebar di sepanjang jalan melalui sebagian media yang transparan. Kedalaman optik untuk daerah yang tertutup oleh obyek adalah nol, maka jarak ke objek meningkat, demikian juga kedalaman optik. Kedalaman optik mengungkapkan jumlah cahaya dihapus dari balok oleh hamburan atau penyerapan pada jalan melalui medium. Jika I_0 adalah intensitas radiasi pada sumber dan I adalah intensitas yang diamati setelah jalan diberikan, maka kedalaman optik τ didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$I/I_0 = e^{-\tau} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dalam fisika atom, kedalaman optik awan atom dapat dihitung dari sifat mekanik kuantum atom, yaitu:

$$\tau = \frac{d^2 \nu N}{2c \eta \epsilon_0 A \lambda} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana τ merupakan kedalaman optik aerosol, d menunjukkan transisi momen dipol, γ adalah *linewidth* alam transisi, ν merupakan frekuensi, N jumlah atom dan A penampang balok, serta λ merupakan panjang gelombang.

Dalam ilmu atmosfer, kedalaman optik sering dijadikan acuan karena atmosfer sesuai dengan jalur vertikal dari permukaan bumi ke luar angkasa, selain itu pada jalur optik dari pengamatan ketinggian untuk luar

angkasa (He dkk. 2014). Sejak τ mengacu pada jalur vertikal, kedalaman optik untuk jalan miring adalah $= \tau \cdot m$, di mana m disebut faktor *airmass*, dan suasana pesawat-paralel itu ditentukan sebagai $m = 1 / \cos \theta$, di mana θ adalah sudut zenit sesuai dengan jalur yang diberikan. Maka intensitas yang diamati sebesar:

$$I / I_0 = e^{-m\tau} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana : I = Intensitas yang diamati
 I_0 = Intensitas radiasi pada sumber
 $e^{-m\tau}$ = Eksponen dari *airmass* dikalikan kedalaman optik

2.9. Algoritma SARA (Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm)

Evaluasi korelasi menggunakan MODIS AOT (10 km) dan observasi PM_{2.5} di Texas. Hasilnya menunjukkan bahwa ada korelasi rendah ($r = 0,41$) sepanjang 3 bulan, tetapi yang lebih kuat, diperoleh dengan rata-rata data selama satu tahun ($r = 0,98$). Namun, penggunaan jangka waktu yang lama tidak sesuai untuk pengamatan waktu nyata (Hutchison 2002).

Pemetaan konsentrasi PM₁₀ yang berasal dari MODIS AOT atas Perancis Tenggara. Hasilnya menunjukkan korelasi yang kuat ($r = 0,79$) selama 3 bulan. Ini menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan korelasi PM_{2.5} dari penelitian sebelumnya (P  r   dkk. 2015).

Dalam beberapa penelitian, parameter AOT diambil dengan resolusi yang lebih tinggi. Mengembangkan suatu algoritma untuk mendapatkan AOT pada resolusi 1 km. Ini

dihasilkan dari data MODIS Level 1. Produk ini dibandingkan dengan observasi PM_{2.5} di Beijing selama satu bulan. Ada korelasi $r = 0,845$ untuk AOT pada 10 km, dan korelasi $r = 0,866$ untuk AOT pada 1 km, menunjukkan sedikit kemajuan. Dengan mengusulkan metodologi untuk mengambil AOT pada resolusi 500 m. Hasilnya dibandingkan dengan data AOT dari stasiun berbasis darat di Hong Kong. Ada korelasi 0,877 untuk AOT asli pada 10 km dan korelasi 0,937 untuk AOT pada 500 m. Namun demikian, perhitungan proses ini rumit karena pembuatan tabel Pencarian (Wang dkk. 2013).

Secara sederhana dari pengambilan AOT pada resolusi 500 m diciptakan oleh Bilal (2013) disebut *Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm* (SARA). Metode ini tidak menggunakan tabel pencarian. Sebaliknya, bahan yang diperlukan dapat diperoleh dari *Aerosol Robotic Network* (AERONET), sebuah kesatuan stasiun pemantauan tanah yang didirikan oleh NASA di seluruh dunia. SARA dan AOT membentuk korelasi 0,964 dengan stasiun berbasis darat. Pada area Indonesia penggunaan metode ini belum pernah dilakukan, selain itu tidak adanya stasiun AERONET di Indonesia. Namun menurut Onat (2013), algoritma ini dapat menggunakan algoritma ini dengan menambahkan validasi data SPM (*Suspended Particular Matter*)

Metode SARA terdiri dari serangkaian persamaan untuk memperkirakan *Aerosol Optical Depth* (AOD) dari instrumen MODIS.

Pada pengolahan AOD yakni dengan rumus SARA (*Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval*

Algorithm) memiliki rumus sebagai berikut:

Definisi ketebalan optik aerosol (AOD) adalah sebagai berikut:

$$\tau_{a,\lambda} = \frac{\rho_{Aer}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \phi)^4 \mu_s \mu_v}{\omega_0 P_a(\theta_s, \theta_v, \phi)} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

- τ_a : Ketebalan optik Aerosol
- ρ_{Aer} : Reflektar aerosol
- μ_s : Cosin sudut *zenith* matahari
- μ_v : Cosin sudut sensor *zenith*
- ω_0 : Hamburan tunggal *albedo*
- P_a : fungsi fase hamburan aerosol

Dimana untuk menghitung fase hamburan aerosol yang terjadi (P_a) dapat dihitung dengan menggunakan:

$$P_a(\theta_s, \theta_v, \phi) = \frac{1-g^2}{[1+g^2-2g \cos(\pi-\Theta)]^{3/2}} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

- g : Parameter *asymmetry*
- Θ : Hamburan sudut fase

Sudut relative azimuth adalah $\phi = \phi_s - \phi_v$. Dan *scattering phase angle* merupakan sudut yang dibentuk oleh pancaran gelombang dari satelit terhadap garis nadir dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2.8) sebagai berikut:

$$\Theta = \cos^{-1}(\cos\theta_s \cos\theta_v + \sin\theta_s \cos\phi) \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana:

- Θ_s : Sudut *zenith* matahari
- Θ_v : Sudut *zenith* sensor
- ϕ_s : Sudut *azimuth* matahari
- ϕ_v : Sudut *azimuth* matahari

Kemudian dilakukan estimasi reflektan aerosol dapat diselesaikan dengan menggunakan dekomposisi *top of atmosphere reflectance* (ρ_{TOA}) menggunakan rumus *Rayleigh* dan *surface reflectance*. *Surface reflectance* memiliki koreksi tambahan dalam fungsi transmisi atmosfer pada jalur permukaan matahari, transmisi atmosfer pada jalur sensor permukaan dan rasio backscattering atmosfer.

$$\rho_{Aer}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) = \rho_{TOA}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) - \frac{\rho_{Ray}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) - \frac{T(\theta_s)T(\theta_v)\rho_s(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi)}{1 - \rho_s(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi)S(\lambda)}}{\dots} \quad (2.9)$$

dimana:

- ρ_{Aer} : Reflektar aerosol
- ρ_{TOA} : Reflektar atmosfer
- ρ_{Ray} : Reflektar Rayleigh path
- ρ_s : Reflektar permukaan

Bagian atas reflektar atmosfer. Nilai radiasi rata – rata *solar exoatmospheric radiation*, tergantung pada panjang gelombang.

$$\rho_{TOA} = \frac{\pi L_{TOA}(\lambda) d^2}{ESUN_{\lambda} \mu_s} \dots \quad (2.10)$$

dimana:

- ρ_{TOA} : *top of atmosphere reflectance*
- $L_{TOA}(\lambda)$: *top of atmosphere radiance*
- d : jarak astronomi bumi – matahari
- $ESUN$: radiasi rata – rata *solar exoatmospheric*
- μ_s : cosin sudut zenith matahari

Selanjutnya adalah menghitung *Rayleigh path reflectance* (ρ_{Ray}) dengan rumus sebagai berikut:

$$\rho_{Ray}(\lambda) = \frac{\pi\tau_R P_{Ray}}{\mu_s\mu_v} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

- $\rho_{Ray}(\lambda)$: Reflektan area Rayleigh
- τ_R : Ketebalan optik *Rayleigh*
- P_{Ray} : Fungsi fase *Rayleigh*
- $\mu_s\mu_v$: cosin *solar* dan sensor zenith sudut sinar

Rayleigh Optical Depth dapat dikalkulasi dalam fungsi dari tekanan udara dengan berdasarkan elevasi.

$$\tau_R = \frac{P_z}{P_0} (0.00864 + 6.5 \times 10^{-6} \times z) \lambda^{-(3.916+0.074+0.05/\lambda)} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana:

- τ_R : *Rayleigh Optical Depth*
- P_z : Tekanan udara dengan berdasarkan elevasi
- z : Elevasi

Tekanan udara berdasarkan elevasi dapat dimodelkan menggunakan Rumus Barometrik:

$$P_z = P_0 e^{-\frac{M \cdot gr}{RT} z} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

- P_0 : Standar tekanan atmosfer pada permukaan laut
- M : Massa *molar* udara kering
- gr : Kecepatan gravitasi permukaan bumi

- R : Konstan gas dunia
 T : Temperatur

Fungsi Rayleigh phase digunakan dalam perhitungan untuk tekanan udara. Hasil dari faktor dipolarisasi didapatkan berdasarkan ketetapan konstanta rumus Barometrik pada udara ($\delta = 0.0279$ for dry air)

$$P_{Ray(\Theta)} = \frac{3}{16\pi} \frac{2}{2+\delta} [(1 + \delta) + (1 - \delta)\cos^2(\Theta)] \dots\dots(2.14)$$

dimana:

- P_{Ray} : fungsi Rayleigh phase
 Θ : hamburan sudut fase
 δ : faktor depolarisasi

Reflektar permukaan dikoreksi dengan parameter tambahan: transmisi atmosfer pada path *sun-surface* dan transmisi atmosfer pada path permukaan sensor.

$$T_{(\theta_s)} = e^{\frac{-(\tau_R + \tau_a)}{\mu_s}} \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana:

- $T_{(\theta_s)}$: Transmisi atmosfer di path *sun-surface*
 τ_R : Ketebalan optik *Rayleigh*
 τ_a : Ketebalan aerosol
 μ_s : cosin sudut *zenith* matahari

$$T_{(\theta_v)} = e^{\frac{-(\tau_R + \tau_a)}{\mu_v}} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana:

- $T_{(\theta_s)}$: Transmisi atmosfer pada path *sun-surface*

- τ_R : Ketebalan optik *Rayleigh*
 τ_a : Ketebalan aerosol
 μ_v : cosin sensor *zenith* matahari

Reflektar permukaan juga dikoreksi dengan *ratio atmosphere backscattering*. *Ratio atmosphere backscattering* adalah selisih dari nilai sinyal gelombang yang dipantulkan kembali ke sensor oleh obyek yang dituju.

$$S_\lambda = (0.92\tau_R + (1 - g)\tau_a)e^{-(\tau_R + \tau_a)} \dots\dots (2.17)$$

dimana:

- S_λ : Rasio hamburan atmosfer
 τ_R : Ketebalan optik *Rayleigh*
 τ_a : Ketebalan aerosol

Mengingat persamaan (4) maka ketebalan optik aerosol secara sederhana adalah seperti pada rumus (16):

$$\tau_{a,\lambda} = \frac{\rho_{Aer}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \phi)^4 \mu_s \mu_v}{\omega_0 P_a(\theta_s, \theta_v, \phi)} \dots\dots\dots (2.18)$$

Semua parameter dapat diperkirakan untuk mengambil “Ketebalan Optik Aerosol” atau *Aerosol Optical Depth* (AOD) yang tetap dalam fungsi dari tiga variabel yang tidak diketahui: hamburan tunggal albedo ω_0 , parameter asimetri g dan parameter ketebalan aerosol. Sehingga secara keseluruhan untuk menghitung ketebalan optik aerosol yang ditentukan oleh Bilal (2013) adalah sebagai berikut:

$$\tau_{a,\lambda} = \frac{4\mu_s\mu_v}{\omega_0 P_a(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi)} \left[\rho_{TOA}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) - \rho_{Ray}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) - \frac{e^{-\frac{(\tau_R + \tau_a)}{\mu_s}} e^{-\frac{(\tau_R + \tau_a)}{\mu_v}} \rho_s(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi)}{1 - \rho_s(\lambda, \theta_s, \theta_v, \Phi) [(0.92\tau_R + (1-g)\tau_a)e^{-(\tau_R + \tau_a)}]} \right] \dots\dots\dots$$

(2.19)

2.10. Data SPM (*Suspended Particulate Matter*)

Suspended Particulate Matter (SPM) merupakan campuran dari debu, PM 10 (Particulate Matter 10) artinya partikular dengan jari-jari kurang dari 10 mikro meter, dan PM 2.5 (Particulate Matter 2.5) artinya partikular dengan jari-jari kurang dari 2.5 mikro meter. SPM umumnya terdiri dari Kalium, Cadmium, Air Raksa dan logam berat lainnya. SPM bila terhisap oleh kita dalam jumlah besar bisa menyebabkan batuk, pusing, mual dan iritasi pada saluran pernafasan. SPM bisa diemisikan ke udara karena pemakaian energi (Onat, Sahin, dan Akyuz 2013).

Pencemaran udara yang disebabkan oleh SPM dengan diameter maksimu 45 mm, partikel PM10 (*Particulate Matter*) dengan diameter kurang dari 10 mm dan PM 2,5 dengan diameter kurang dari 2,5 mm. partikel-partikel tersebut dapat memicu kerusakan pada sistem kesehatan. Partikel berasal dari berbagai sumber baik kendaraan dan stasioner (diesel truk, woodstoves, pembangkit listrik, dan sebagainya), sehingga sifat kimia dan fisika partikel sangat bervariasi. Partikel dapat langsung diemisika atau terbentuk di atmosfer saat polutan gas seperti aerosol, SO₂

dan NO_x bereaksi membentuk partikel halus. tersebut dapat memicu kerusakan pada sistem kesehatan (Onat dkk. 2013). Menurut Sapkota dkk. (2005) dalam data SPM dapat dijadikan sebagai validasi dari indeks pengukuran tingkat aerosol dengan parameter kualitas udara dan AOT (*Aerosol Optical Thickness*) yang dimodelkan dengan hubungan korelasi dari kedua parameter tersebut, dimana AOT (*Aerosol Optical Thickness*) diestimasi dan diambil nilainya yang dipengaruhi oleh medan dari persebaran AOT tersebut.

2.11. Peranan Curah Hujan terhadap Kualitas Udara

Atmosfer berperan sebagai penghalau zat-zat pencemar (polutan), tetapi terkadang atmosfer dapat bertindak sebagai sumber kehidupan dari zat – zat pencemar tersebut. Keberadaan polutan terutama gas CO_2 , dan debu di atmosfer berperan sebagai inti kondensasi dalam proses pembentukan awan, sehingga keberadaannya di atmosfer juga diperlukan. Berdasarkan penelitian mengenai kualitas udara di Surabaya Tahun 2016 (Rossita dkk. 2017), Indeks Polusi Udara (IPU) pada musim hujan jauh lebih kecil dibandingkan musim kemarau karena pada umumnya polusi udara ditunjang oleh keadaan cuaca serta kondisi permukaan suatu wilayah.

Curah hujan dapat menghilangkan polutan (CO_2 , debu, partikel aerosol) yang ada di atmosfer sebelum proses dispersi, polutan tercuci di udara melalui dua cara yaitu polutan terkondensasi yang terbentuk sebagai air hujan dan polutan yang akan langsung tercuci oleh air hujan untuk kemudian diendapkan di permukaan (Wang 1999).

Curah hujan (mm) merupakan ketinggian air hujan yang jatuh pada tempat yang datar dengan asumsi tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir (Fahlevi 2018). Curah hujan satu mm adalah air hujan setinggi satu mm yang jatuh (tertampung) pada tempat yang datar seluas 1 meter persegi dengan asumsi tidak ada yang menguap, mengalir, dan meresap (Mulyono 2014). Untuk mempermudah dalam mengkategorikan jumlah curah hujan yang turun sampai ke muka bumi maka dilakukan klasifikasi curah hujan berdasarkan intensitas curah hujan baik secara internasional Tabel 2.3 maupun nasional Tabel 2.4.

Tabel 2. 3. Klasifikasi Curah Hujan Menurut Standar Internasional WMO (Susilowati 2010)

Kategori	Keterangan
Sangat Ringan	< 5,0 mm/hari
Ringan	5,0 - 20 mm/hari
Sedang/Normal	20 - 50 mm/hari
Lebat	50 - 100 mm/hari
Sangat Lebat	>100 mm/hari

Tabel 2. 4. Klasifikasi Curah Hujan di Indonesia Menurut BMKG (BMKG 2010)

Kategori	Keterangan
Ringan	1 - 5 mm/jam; atau 5 -20 mm/hari
Sedang/Normal	5 - 10 mm/jam; atau 20 - 50 mm/hari
Lebat	10 - 20 mm/jam; atau 50 - 100 mm/hari
Sangat Lebat	> 20 mm/jam; atau >100 mm/hari

2.12. **Peranan Angin terhadap Kualitas Udara**

Angin merupakan massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun vertikal dengan kecepatan yang bervariasi dan berfluktuasi secara dinamis. Faktor pendorong Bergeraknya massa udara adalah perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat yang lain. Angin selalu bertiup dari tempat yang bertekanan udara tinggi ke tempat dengan tekanan udara yang lebih rendah. Jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhi, maka angin bergerak secara langsung dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah. Akan tetapi, perputaran bumi pada sumbunya akan menimbulkan gaya yang akan mempengaruhi arah pergerakan angin yang disebut coriolis (*Coriolis Effect*) (Dewani 2012).

Terdapat tiga sifat angin yang dapat dirasakan oleh orang awam (Campbell, 1986) yaitu:

- (1) Angin menyebabkan tekanan terhadap permukaan yang menentang arah angin tersebut,
- (2) Angin mempercepat pendinginan dari benda yang panas,
- (3) Kecepatan angin sangat beragam dari tempat ke tempat dan dari waktu ke waktu.

Angin memiliki fungsi yang sangat penting dalam mencampur lapisan udara, antara udara lembab dengan udara kering, antara udara yang kaya karbon dioksida dengan udara yang kandungan karbon dioksidanya rendah, karena fungsi angin yang demikian, maka antara lain maka siklus hidrologi dapat berlangsung dan keracunan karbon dioksida pada pusat perkotaan dan kawasan industri dapat dihindari (Lakitan, 1994).

Angin merupakan faktor utama dalam persebaran zat pencemaran udara. Angin dapat mengakibatkan suatu zat berpindah tempat, arah dan kecepatan angin permukaan berpengaruh atas aliran dan penyebaran polutan udara yang dilepaskan dekat permukaan tanah. Kecepatan angin lebih tinggi pada suatu tempat dekat pembuangan polutan udara, lebih cepat membawa polutan jauh dari sumbernya. Sebaliknya kecepatan angin yang rendah menyebabkan terkonsentrasinya polutan di sekitar sumber pencemar dan dapat berlangsung lebih lama pada daerah yang bersangkutan (Rahmawati, 1999).

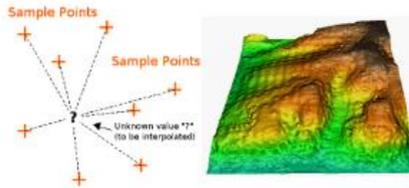
2.13. **Interpolasi IDW (Inverse Distance Weighted)**

Model pembobotan merupakan model yang relatif paling sederhana dibandingkan dengan dua model lainnya. Model ini mengasumsikan bahwa titik yang nilainya diduga akan dipengaruhi nilainya oleh titik lain yang berdekatan secara spasial. IDW mengasumsikan bahwa tiap titik input mempunyai pengaruh yang bersifat lokal yang berkurang terhadap jarak. Metode ini memberi bobot lebih tinggi pada sel yang terdekat dengan titik data dibandingkan sel yang lebih jauh. Titik – titik pada radius tertentu dapat digunakan dalam menentukan nilai luaran untuk tiap lokasi (Mitas 1999). Rumus *IDW* adalah sebagai berikut:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n W_i Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad W_i = \frac{1}{d_{i0}^2} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana Z_0 merupakan nilai diduga dan Z_i merupakan sekumpulan nilai penduga. Sedangkan W_i adalah nilai pembobotan dalam teknik *IDW*, dimana d_{i0} merupakan jarak antara titik pengamatan i dengan titik yang diduga.

Pembobotan nilai dengan melibatkan kuadrat jarak bukanlah ketetapan yang mutlak. Berikut ini merupakan ilustrasi interpolasi menggunakan metode *IDW*.



Gambar 2. 5. Inverse Distance Weighted Interpolation
(Mitas dan Mitsova 1999)

2.14. Uji Akurasi

Untuk mengetahui berapa besar keakuratan data hasil pengolahan diperlukan suatu uji akurasi. Uji akurasi dapat dilakukan dengan membandingkan data hasil estimasi MODIS Level 2 dan SPM dengan hasil pengolahan MODIS algoritma SARA. Adapun formula yang digunakan untuk uji akurasi adalah sebagai berikut (Jaelani, Setiawan, & Matsushita 2015).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_{hitungan} - y_{means})^2}{N}} \dots (2.21)$$

Keterangan:

RMSE = *Root Mean Square Error*

$y_{hitungan}$ = Data estimasi persebaran AOD

y_{meas} = Data persebaran AOD MODIS L2 atau SPM

N = Jumlah data

2.15. Uji Korelasi

Korelasi adalah suatu pencarian korelasi statistik yang menyatakan derajat hubungan linear (searah timbal

balik) antara dua variabel atau lebih. Korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara data hasil estimasi dengan data hasil pengukuran lapangan. Nilai korelasi berkisar antara (-1) sampai dengan 1. Korelasi yang positif mengindikasikan dua buah variabel yang berbanding lurus secara konsisten, dalam arti kenaikan nilai pada satu variabel akan diikuti pula oleh kenaikan nilai di variabel yang lain. Sedangkan korelasi negatif mengindikasikan dua buah variabel yang berbanding terbalik, dalam arti kenaikan nilai di satu variabel akan diikuti secara konsisten dengan penurunan nilai di variabel yang kedua. Nilai korelasi 0 berarti tidak ada keterhubungan antara dua buah variabel (Hasan 2013).

Sedangkan korelasi *Product Moment Pearson* merupakan metode korelasi yang kedua variabelnya berskala interval. Kegunaan dalam uji korelasi *product moment pearson* adalah selain untuk menyatakan ada atau tidaknya hubungan variabel X dengan variabel Y, juga untuk menyatakan besarnya masukkan variabel satu terhadap lainnya yang dinyatakan dalam persen (Usman dan Akbar 2000).

Asumsi dalam penggunaan uji korelasi ini adalah sebagai berikut:

- Data berdistribusi normal
- Variabel yang dihubungkan mempunyai data linier
- Variabel yang dihubungkan mempunyai data yang dipilih secara acak.
- Variabel yang dihubungkan mempunyai pasangan yang sama dari subyek yang sama pula (variasi skor variabel yang dihubungkan harus sama).
- Variabel yang dihubungkan mempunyai data

interval atau rasio.

Korelasi *product moment pearson* memiliki rumus sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{(N \sum x^2) - (\sum x)^2\} \{(N \sum y^2) - (\sum y)^2\}}} \dots\dots (2.22)$$

Dimana :

r_{xy} = Koefisien korelasi antara variabel X dan Y

N = Banyaknya subjek yang diuji

x = Nilai variabel 1

y = Nilai variabel 2

Jika nilai korelasi (r) berkisar 0 sampai dengan 1, bila disertai dengan arahnya nilainya -1 sampai dengan +1, maka :

$r = 0$, artinya tidak ada hubungan linier

$r = -1$, artinya hubungan linier negatif sempurna

$r = +1$, artinya hubungan linier positif sempurna

Kekuatan hubungan (Calton) dibagi atas 5 area seperti pada tabel 2.4 (Bagus 2013), sebagai berikut:

Tabel 2. 5. Rentang Nilai Korelasi (Bagus 2013)

Korelasi (r)	Tingkat Hubungan
<0,20	Korelasi sangat rendah; hubungan hampir diabaikan
0,20 – 0,40	Korelasi rendah; hubungan yang pasti tapi kecil
0,40 – 0,70	Korelasi sedang; hubungan substansional
0,70 – 0,90	Korelasi tinggi; hubungan ditandai
0,90 – 1,00	Korelasi sangat tinggi; hubungan yang sangat diandalkan

2.16. **Penelitian Terdahulu**

Penelitian mengenai aerosol sebelumnya pernah dilakukan, yaitu:

Menurut Dewani (2012), keberadaan aerosol dapat mempengaruhi kesehatan manusia, kualitas udara, dan iklim. Sumber aerosol dapat berasal dari alam seperti kebakaran hutan, letusan gunung api, garam laut ataupun hasil kegiatan manusia seperti industri, pembakaran bahan bakar fosil. Salah satu cara untuk mengetahui dan mengklasifikasi keberadaan aerosol yakni menggunakan satelit. Pengklasifikasian tipe aerosol ini dilakukan menggunakan data *Aerosol Optical Depth* (AOD) dan *Fine Mode Fraction* (FMF) dari data Modis-Aqua dan data indeks aerosol dari data OMI-Aura dengan menggunakan algoritma MODIS-OMI. Metode ini mengklasifikasikan aerosol berdasarkan daya serap radiasi matahari dan ukuran aerosol. Pada tahun 2012 di wilayah Indonesia Bagian Barat diketahui terdapat 2 jenis tipe aerosol utama dan 1 jenis tipe aerosol campuran, yakni tipe *sea salt*, sulfat, dan campuran antara *sea salt* dan sulfat. Aerosol *sea salt* pada umumnya terdapat di wilayah lautan dan persebarannya dipengaruhi oleh angin. Aerosol sulfat lebih dominan berada di wilayah Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan. Pada bulan basah atau musim hujan, tipe sulfat ini lebih menyebar dan lebih sedikit dibanding pada bulan kering atau musim kemarau. Pada bulan kering, tipe sulfat ini terkonsentrasi pada wilayah Sumatera dan Kalimantan. Untuk tipe campuran *sea salt* dan sulfat terdapat di

wilayah antara tipe *sea salt* dan tipe sulfat. Tipe ini merupakan tipe untuk meminimalisir kesalahan dari pengklasifikasian.

Sedangkan menurut Alvaro (2014), polusi udara memiliki beberapa konsekuensi negatif terhadap kehidupan. Dengan menggunakan *Continuous Air Monitoring Stations* (CAMS) dapat menghitung tingkat kontaminasi ini, tetapi jangkauannya terlalu kecil. Alternatif untuk mendeteksi pencemaran adalah penggunaan satelit. Sehingga dapat digunakan *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) yang merupakan instrumen di satelit Terra dan Aqua dari NASA yang memungkinkan dapat perhitungan *Aerosol Optical Thickness* (derajat di mana aerosol mencegah transmisi cahaya). Pada penelitian oleh Alvaro dilakukan percobaan terhadap algoritma *Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm* (SARA) dimana digunakan untuk mengimplementasikan dalam peningkatan resolusi. Algoritma ini menciptakan raster baru dengan resolusi 500 m. Sedangkan untuk data AERONET tidak digunakan untuk perhitungan, namun sebagai gantinya, menggunakan beberapa model aerosol dari perangkat lunak OPAC (*Optical Properties of Aerosols and clouds*). Algoritma ini diuji di wilayah Bogotá, Kolombia. Hasilnya dibandingkan dengan pengamatan PM₁₀ (Partikel materi kurang dari 10 μm^3) diukur oleh Bogotá Air Quality Network CAMS menunjukkan korelasi 0,51. Beberapa validasi dibahas. Ini dapat digunakan untuk zona yang tidak memiliki avonabilitas stasiun AERONET. Distribusi hasil dari

polusi udara, dengan korelasi 0,51 antara AOT dan observasi PM10. Lebih jauh lagi, ketepatan dari nilai-nilai AOT dapat ditingkatkan dengan menggunakan data AERONET untuk kalibrasi. Implementasi ini dapat digunakan sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan, agar kualitas lingkungan menjadi lebih baik.

Pada penelitian tugas akhir ini digunakan penggabungan rumus yaitu dengan menggunakan rumus SARA (*Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*) yang belum pernah di uji coba pada wilayah Indonesia. Kemudian hasil dari perhitungan ketebalan optik dimasukkan kedalam rumus (1) . Sedangkan dalam melakukan validasi dari hasil pengolahan karena tidak adanya AERONET di Indonesia sehingga digunakan data SPM (*Suspended Particulate Matter*) dengan asumsi bahwa AOT (*Aerosol Optical Thickness*) dengan mempertimbangkan bahwa koefisien AOT tidak hanya dipengaruhi oleh polusi udara namun juga dipengaruhi oleh medan itu sendiri, misalnya padang pasir, area pemukiman, dan sebagainya. Sehingga dalam *output* penelitian ini diperoleh pengembangan dari inovasi analisis persebaran aerosol yang memiliki resolusi spasial lebih detail dibandingkan dengan analisis persebaran aerosol sebelumnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

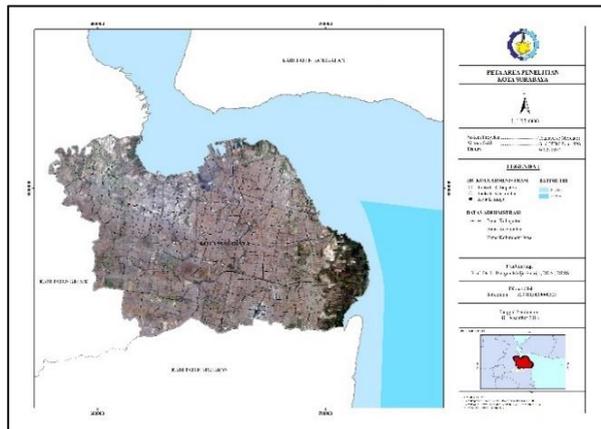
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Tugas Akhir

Studi wilayah yang akan dilakukan penelitian tugas akhir adalah Kota Surabaya, yang terletak di Provinsi Jawa Timur pada koordinat $07^{\circ} 9'' - 07^{\circ} 21''$ LS dan $112^{\circ} 36'' - 112^{\circ} 54''$ BT.

Batas area Surabaya adalah sebagai berikut :

- Batas Utara : Selat Madura
- Batas Barat : Kabupaten Gresik
- Batas Timur : Selat Madura
- Batas Selatan : Kabupaten Sidoarjo



Gambar 3. 1. Area Penelitian Tugas Akhir

3.2. Data dan Peralatan

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Data Citra Satelit Terra MODIS Tahun 2017 Bulan

Januari hingga Desember didapatkan dari web resmi Nasa dengan url <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov> dengan rincian data seperti pada tabel 3.1, tabel 3.3, tabel 3.5 dan tabel 3.6.

a) Data MODIS Terra MOD02HKM

Data MOD02HKM yang digunakan yakni data reflektansi TOA. Berikut ini merupakan data MOD02HKM yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3. 1. Data Citra MODIS MOD02HKM Tahun 2017

Tanggal Data	Data MODIS
06 Januari 2017	MOD02HKM.A2017001.0220.061.2017312064720
06 Februari 2017	MOD02HKM.A2017032.0315.061.2017312015607
01 Maret 2017	MOD02HKM.A2017060.0340.061.2017312084248
01 April 2017	MOD02HKM.A2017091.0255.061.2017313233435
01 Mei 2017	MOD02HKM.A2017121.0310.061.2017314085906
01 Juni 2017	MOD02HKM.A2017152.0225.061.2017315023437
01 Juli 2017	MOD02HKM.A2017182.0240.061.2017315071336
01 Agustus 2017	MOD02HKM.A2017213.0335.061.2017316183717
01 September 2017	MOD02HKM.A2017244.0250.061.2017258191519
01 Oktober 2017	MOD02HKM.A2017274.0305.061.2017274133027
01 Nopember 2017	MOD02HKM.A2017335.0235.061.2017335133920
01 Desember 2017	MOD02HKM.A2017425.0220.061.2017312163532

Data MODIS MOD02HKM digunakan karena dalam data MODIS ini dapat digunakan untuk mencari reflektansi TOA pada resolusi 250 m dan 500 m yang diperlukan untuk pengambilan aerosol. Selain itu data MODIS MOD02HKM

berisi cahaya di-*aperture* yang telah dikalibrasi dan dilakukan geolokasi untuk 7 pita. Kemiringan dari nadir sebesar 55 derajat dan menghasilkan lebar petak orbit 2330 km dan memberikan hasil dari cakupan global setiap satu atau dua hari.

Tabel 3. 2. Spesifikasi MODIS Terra MOD02HKM

Nama File	MOD02HKM (MOD02 <i>half kilometer</i>)
Platform	Terra
Instrumen	MODIS
Koleksi	61,6
Level Proses	Level-1B
Resolusi Temporal	1 – 2 hari
Resolusi Spasial	250 m, 500 m, 1 km
Granul MODIS Level-1B 500 m	Berisi hasil perekaman dari 203 pemindaian dengan 2708 kali sampel pada <i>cross-track direction</i>
Mode <i>day</i> atau <i>mixed</i> 203-scan granule size	275,07 MB
Mode <i>night</i>	22,19 MB

Lanjutan Tabel 3.2.

<i>203-scan granule size</i>	
Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Pola Pemindaian	55 derajat pada orbit EOS dari 705 km menghasilkan lebar petak orbit 2330 km
Area cakupan	Global setiap 1 hingga 2 hari
Konvensi nama file	<p>MOD02QKM.AYYYYDDD.HHM M.CCC.YYYYDDDDHHMMSS.hdf</p> <ul style="list-style-type: none"> • AYYYYDDD = <i>Acquisition Year and Day of Year</i> • HHMM = <i>Hour and minute of data collection start time, in UTC</i> • CCC = <i>Collection number</i> • YYYYDDDDHHMMSS = <i>Production Date and Time</i>
Konten Produk	Data kalibrasi <i>earth view</i> pada resolusi 500 m, termasuk resolusi <i>band</i> /kanal <i>aggregated</i> 250 m untuk resolusi 500 m
Data Set	Data telah terkalibrasi dan <i>geolocation</i> pada <i>aperture</i> radian untuk band 7 diskrit pada 0,45-2,20 μm dari spektrum elektromagnetik

Lanjutan Tabel 3.2.

Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Waktu melewati Indonesia	10.30
<i>Approximate Daily Volume (GB)</i>	
Produk data dalam mode <i>night high resolution</i>	46,49 GB
Produk data tidak dalam mode <i>night high resolution</i>	43,63 GB

Sumber: Levy 2013

b) Data MODIS Terra MOD03

Berikut ini merupakan data MOD03 yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3. Data Citra MODIS MOD03 Tahun 2017

Tanggal Data	Data MODIS
06 Januari 2017	MOD03.A2017001.0220.061.2017312061133
06 Februari 2017	MOD03.A2017032.0315.061.2017312004925
01 Maret 2017	MOD03.A2017060.0340.061.2017312072537
01 April 2017	MOD03.A2017091.0255.061.2017313222532
01 Mei 2017	MOD03.A2017121.0310.061.2017313221333

Lanjutan Tabel 3.3.

Tanggal Data	Data MODIS
01 Juni 2017	MOD03.A2017152.0225.061.2017314200155
01 Juli 2017	MOD03.A2017182.0240.061.2017315054238
01 Agustus 2017	MOD03.A2017213.0335.061.2017315211728
01 September 2017	MOD03.A2017244.0250.061.2017257162254
01 Oktober 2017	MOD03.A2017274.0350.061.2017274095305
01 Nopember 2017	MOD03.A2017305.0220.061.2017305175013
01 Desember 2017	MOD03.A2017335.0230.061.2017335091654

MODIS MOD03 dibutuhkan untuk melakukan pengembalian posisi, arah dan susunan sebagai pendeteksian aerosol (inversi aerosol), dimana data yang diperlukan adalah solar dan sensor geometri (*zenith angle* dan *azimuth angle*) yang dapat diperoleh dari produk geolokasi MOD03.

Tabel 3. 4. Spesifikasi MODIS Terra MOD03

Nama File	MOD03
Platform	Terra
Instrumen	MODIS
Koleksi	61,6
Level Proses	Level-1A
Resolusi Temporal	1 hari
Resolusi Spasial	1 km
Konten Produk	<i>Geodetic Latitude, Longitude, surface height</i>

Lanjutan Tabel 3.4

	diatas <i>geoid</i> , <i>solar zenith</i> dan <i>azimuth angles</i> , sudut satelit <i>zenith</i> dan <i>azimuth</i> , dan <i>land/sea mask</i> untuk setiap 1km sampel.
Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Area cakupan	Global (mencakup bidang geolokasi tang dihitung untuk setiap 1 km <i>Instantaneous Field of Views (IFOV)</i> untuk semua orbit setiap hari
Konvensi nama file	<ul style="list-style-type: none"> • AYYYYDDD = <i>Acquisition Year and Day of Year</i> • HHMM = <i>Hour and minute of data collection start time, in UTC</i> • CCC = <i>Collection number</i> • YYYYDDDDHHMMSS = <i>Production Date and Time</i>
Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Waktu melewati Indonesia	10.30
<i>Approximate Daily Volume (GB)</i>	

Lanjutan Tabel 3.4.

Produk data dalam mode <i>night high resolution</i>	46,80 GB
Produk data tidak dalam mode <i>night high resolution</i>	44,72 GB

Sumber: Kathleen Strabala 2018

c) Data MODIS Terra MOD09GA

Berikut ini merupakan data *surface reflectance* yang didapatkan pada data MODIS MOD09GA:

Tabel 3. 5. Data Citra MODIS MOD09GA Tahun 2017

Tanggal Data	Data MODIS
06 Januari 2017	MOD09GA.A2017001.h29v09.006.2017014005435
06 Feburari 2017	MOD09GA.A2017032.h29v09.006.2017034120208
01 Maret 2017	MOD09GA.A2017060.h29v09.006.2017062070327
01 April 2017	MOD09GA.A2017091.h29v09.006.2017093190416
01 Mei 2017	MOD09GA.A2017121.h29v09.006.2017123025547
01 Juni 2017	MOD09GA.A2017152.h29v09.006.2017154025725
01 Juli 2017	MOD09GA.A2017182.h29v09.006.2017184030217
01 Agustus 2017	MOD09GA.A2017213.h29v09.006.2017215042535
01 September 2017	MOD09GA.A2017244.h29v09.006.2017246025323
01 Oktober 2017	MOD09GA.A2017274.h29v09.006.2017276032157
01 Nopember 2017	MOD09GA.A2017305.h29v09.006.2017307030858
01 Desember 2017	MOD09GA.A2017335.h29v09.006.2017337025931

Reflektansi permukaan adalah salah satu parameter terpenting untuk pengambilan aerosol, dimana dapat diperoleh dari data MODIS MOD09GA yang memiliki hasil spasial yang sama dengan *swath* MODIS MOD02HKM. Meskipun memiliki hasil temporal perekaman yang berbeda namun dari data MODIS Terra yang memiliki hasil reflektansi permukaan yang mendekati waktu perekaman dan hasil yang akurat berada pada data MODIS MOD09GA.

Tabel 3. 6. Spesifikasi MODIS Terra MOD09GA

Nama File	MOD09 Surface Reflectance Daily Level2G Global
Platform	Terra
Instrumen	MODIS
Koleksi	6
Level Proses	Level-2 Tiled
Resolusi Temporal	<i>Dayli</i>
Resolusi Spasial	500 m dan 1 km
Konten Produk	<i>Reflectance data state, sensor dan solar (sudut zenith dan azimuth), geolocation flag, orbit pointer, surface reflectance (band 1-band 7), reflectance</i>

Lanjutan Tabel 3.6.

	<i>band quality, observation coverage, observation number, scan value information.</i>
Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Area cakupan	Global
Konvensi nama file	<p>MOD09GA.AYYYYDDD. hHHvVV.CCC.YYYYDDD HHMMSS.hdf</p> <ul style="list-style-type: none"> • YYYYYDDD = <i>Acquisition Year and Day of Year</i> • hHH = <i>Horizontal tile number (0-35)</i> • vVV = <i>Vertical tile number (0-17)</i> • CCC = <i>Collection number</i> • YYYYYDDHHMMSS = <i>Production Date and Time</i>
Waktu melewati Indonesia	10.30

Sumber: Vermote 2015

d) Data MODIS Terra MOD04 Level 2

Berikut ini merupakan data MOD04 Level 2 yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3. 7. Data Citra MODIS MOD04 Level 2 Tahun 2017

Tanggal Data	Data MODIS
06 Januari 2017	MOD04_L2.A2017001.0220.061.2017312163532
06 Feburari 2017	MOD04_L2.A2017033.0220.061.2017312142830
01 Maret 2017	MOD04_L2.A2017060.0340.061.2017313033950
01 April 2017	MOD04_L2.A2017091.0255.061.2017314080722
01 Mei 2017	MOD04_L2.A2017121.0310.061.2017314212301
01 Juni 2017	MOD04_L2.A2017152.0255.061.2017315114400
01 Juli 2017	MOD04_L2.A2017182.0240.061.2017315213112
01 Agustus 2017	MOD04_L2.A2017213.0335.061.2017317020836
01 September 2017	MOD04_L2.A2017244.0250.061.2017259003228
01 Oktober 2017	MOD04_L2.A2017274.0305.061.2017274133539
01 Nopember 2017	MOD04_L2.A2017305.0220.061.2017305192934
01 Desember 2017	MOD04_L2.A2017335.0230.061.2017335134433

Data MODIS Terra Aerosol 5-Min L2 memiliki lebar sapuan sebesar 10 km. secara *swath* dari data MOD04L2 berbeda dengan data MOD02HKM dan MOD03, namun data tersebut digunakan karena dalam data MOD03 selain memiliki cakupan global yang lengkap tentang aerosol menggunakan algoritma *dark target* (DT) yang mendeteksi aerosol diatas Samudra dan daratan gelap (misalnya vegetasi), MOD09GA juga memiliki algoritma *Deep Blue* (DB) dalam koleksi 6 (C6) yang mencakup seluruh area daratan termasuk permukaan yang gelap dan cerah dan telah menyediakan produk dengan resolusi spasial 3 km yang ditujukan untuk kualitas udara yang lebih akurat.

Tabel 3. 8. Spesifikasi MODIS Terra MOD04 L2

Nama File	MOD04_L2
Platform	Terra
Instrumen	MODIS
Koleksi	6.1
Data yang dihasilkan	Harian
Resolusi Temporal	<i>Dayli</i>
Resolusi Spasial	10 x 10 piksel (10 km pada nadir)
Konten Produk	Produk Aerosol (mencakup algoritma “ <i>deep blue</i> ” untuk mendapatkan ketebalan optik aerosol di atas daratan.
Satuan unit	W / (m ² μm sr)
Area cakupan	Global
Konvensi nama file	<p>MOD04_L2.AYYYYDDD.HHMM.CCC.YYYYDDDDHHMMSS.hdf</p> <ul style="list-style-type: none"> • AYYYYDDD = <i>Year and Day of Year of acquisition</i> • HHMM = <i>Hour and Minute of acquisition</i> • CCC = <i>Collection number</i> • YYYYDDDDHHMMSS = <i>Production Date and Time</i>

Lanjutan Tabel 3.8.

Waktu melewati Indonesia	10.30
--------------------------	-------

Sumber: Nasa 2019

- b. Data in situ SPM Kota Surabaya Tahun 2017
Data SPM yang digunakan merupakan hasil dari perekaman indeks kualitas udara dalam kurung waktu setiap jam. Meskipun data SPM yang digunakan merupakan data hasil rata-rata dalam sehari, namun data ini dapat dijadikan sebagai validasi dari perekaman. Dimana diasumsikan bahwa hasil pengolahan persebaran aerosol sama dengan nilai kualitas udara untuk setiap jam dari rata-rata.
- c. Data Curah Hujan Kota Surabaya Tahun 2017
Data curah hujan yang digunakan merupakan hasil rata-rata per hari dari hasil perekaman dalam satu hari. Data tersebut dijadikan korelasi dengan asumsi bahwa hasil pengolahan persebaran aerosol sama dengan nilai kualitas udara untuk setiap jam dari rata-rata.
- d. Data Pola Angin Kota Surabaya Tahun 2017.
Data pola angin yang didapatkan merupakan data yang belum terplotting dan dalam format ekstensi NetCDF dengan waktu perekaman pukul 01.00 dan tanggal yang sama seperti pada data MODIS yang digunakan. Sedangkan data intensitas angin yang digunakan merupakan data rata-rata dari dua stasiun pengamatan yaitu Stasiun Meteorologi Perak I dan Stasiun Meteorologi Maritim II. Secara faktual data yang digunakan memiliki waktu yang berbeda, namun

dalam menganalisa persebaran aerosol dapat digunakan nilai rata-rata kecepatan arah angin dengan data perekaman yang merupakan hasil rata-rata perekaman selama 24 jam, sehingga tidak memiliki perbedaan terlalu jauh untuk kecepatan angin setiap jam. Pada bagian arah angin dilakukan analisa pada pola angin tahunan (angin mooson barat dan mooson timur) yang kemudian di kombinasi untuk mencari kebenaran dari persebaran aerosol.

- e. Citra LandSat 8, digunakan untuk validasi persebaran aerosol berdasarkan tata guna lahan Tahun 2017. Pada citra LandSat8 ini diperoleh melalui portal resmi usgs (<http://earthexplorer.usgs.gov>) dan data yang digunakan merupakan data dengan perekaman pertengahan tahun (15 Juni 2017), pada penggunaan lahan hanya menggunakan 1 data karena tutupan lahan merupakan keadaan alam yang memiliki perubahan yang lama. Spesifikasi citra satelit LandSat8 adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 9. Spesifikasi LandSat 8

Jenis orbit	Mendekati lingkaran sinkron matahari
Ketinggian satelit	705 km
Inklinasi	98,2°
Periode	99 menit
Resolusi temporal (waktu liput ulang)	16 hari

Lanjutan Tabel 3.9.

Waktu melintasi Garis katulistiwa	Pukul 10.00 – 10.15 pagi
Konten Produk	<ul style="list-style-type: none"> • Band 1-Red (0,43-0,45μm) • Band 2-Green (0,45-0,51μm) • Band 3-Blue (0,53-0,59μm) • Band 4-NIR1 (0,64-0,67μm) • Band 5-NIR2 (0,85-0,88 μm) • Band 6-SWIR1 (1,57-1,65 μm) • Band 7-SWIR 2 (0,2,11-2,29μm) • Band 8-Panchromatic (0,50-0,68μm) • Band 9-Cirrus (1,36-1,38μm) • Band 10-Thermal 1 (10,6-11,19μm)

Lanjutan Tabel 3.9.

	<ul style="list-style-type: none"> Band 11-Thermal 2 (11,5-12,51μm)
Subsistem Kontrol dan Penentuan Sikap	<p>Aktuasi 6 roda, dan 3 roda batang tenaga putran.</p> <p>Satelit di indera dengan 3 alat mengikuti jejak bintang yang presisi.</p> <p>Kesalahan sikap control satelit $\leq 43\mu$rad</p> <p>Kesalahan sikap pengetahuan satelit $\leq 29\mu$rad</p> <p>Stabilitas pengetahuan sikap satelit $\leq 1,7 \mu$rad dalam waktu 2,5 detik</p>
Subsistem Penanganan Data dan Komando	<p>cCPC <i>Backplane</i> RAD750</p> <p>CPU Standard</p> <p>Bus Data MIL-STD-1553B</p> <p>Perekam Solid State</p> <p>Memberikan kapasitas Penyimpanan 4TB @ BOL dan 3,1TB @ EOL</p>

Lanjutan Tabel 3.9.

Subsistem Propulsi	perubahan kecepatan total $\Delta V = 334$ m/detik dengan menggunakan 8 buah pendorong (<i>thrusters</i>) 22N
Umur Rancangan Satelit	5 Tahun, dengan dukungan Hydrazine akan berakhir pada umur 10 tahun.

Sumber: Sugiarto 2013

f. Peta Batas Administrasi Kota Surabaya dan Provinsi Jawa Timur Tahun 2015.

3.2.2. Peralatan

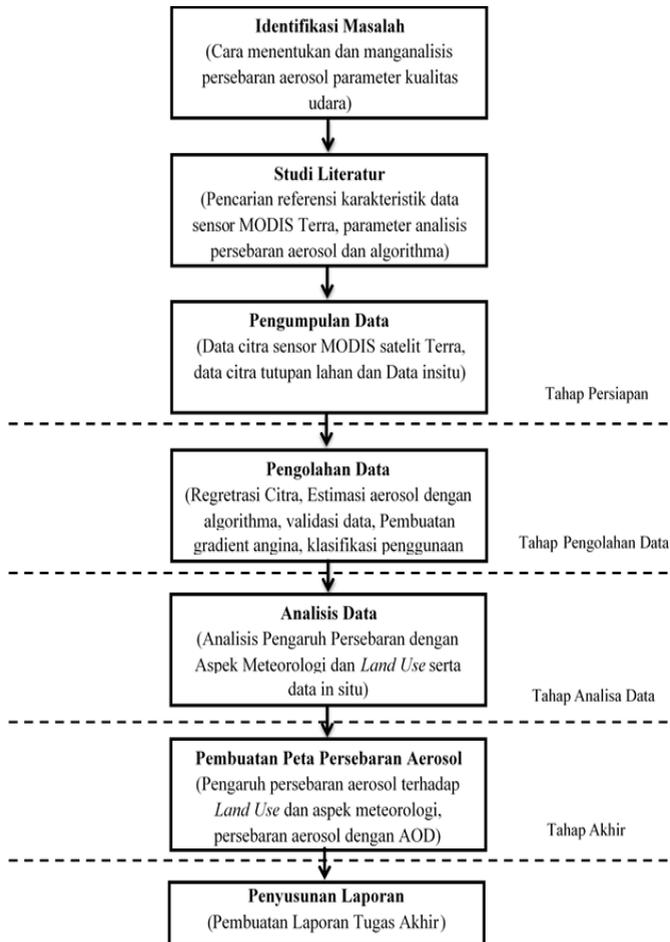
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- *Software* pengolahan citra
- *Software* pengolahan Data
- *Software layouting* peta

3.3. Metodologi Pekerjaan

3.3.1. Tahap Pelaksanaan

Adapun tahap pelaksanaan tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 3.2.).



Gambar 3. 2. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan
Penjelasan diagram alir diatas sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan antara lain:

- **Identifikasi Masalah**
Melakukan identifikasi permasalahan yang diangkat sebagai tema penelitian, objek dan daerah penelitian serta merumuskan cara memecahkan permasalahan tersebut. Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah semakin memburuknya kondisi kualitas udara di Indonesia salah satunya di Kota Surabaya, Jawa Timur. Sehingga pemecahan permasalahan salah satunya dengan melakukan memonitoring melalui pendekatan penginderaan jauh.
- **Studi Literatur**
Pada tahap studi literatur ini penulis melakukan pencarian referensi terkait penginderaan jauh, citra MODIS, parameter kualitas udara yang terkait dengan penelitian tugas akhir ini dari buku, jurnal, majalah, koran, internet dan lain-lain.
- **Pengumpulan Data**
Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data citra sensor MODIS terra level 1 dan level 2 perekaman tahun Januari 2017 sampai Desember 2017 dan Citra LandSat8 di Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur serta data insitu SPM, curah hujan, dan pola angin di Kota Surabaya.
- b. **Tahap Pengolahan Data**
Pada tahap pengolahan dilakukan pengolahan menggunakan algoritma SARA (*Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrival Algorithm*) untuk melakukan estimasi perserbaran AOD

(*Aerosol Optical Depth*). Kemudian dari hasil tersebut dilakukan uji korelasi antara persebaran AOD dengan pengaruh curah hujan, angin dan penggunaan lahan. Setelah didapatkan pengaruh dilakukan uji validasi menggunakan data insitu SPM (*Suspended Particulate Matter*) yang merupakan stasiun yang merekam indeks polusi udara, salah satunya merupakan aerosol dan uji validasi menggunakan MODIS Level 2.

c. Tahap Analisis Data

- Pada tahap ini dilakukan analisa termasuk membandingkan dari hasil pengolahan data, menggunakan citra MODIS sehingga didapat suatu hasil dan kesimpulan yang nantinya digunakan untuk menyusun laporan.

- Pembuatan Peta Kualitas Udara

Pembuatan peta kualitas udara Kota Surabaya dilakukan dengan software ArcGIS. Pembuatan peta ini berdasarkan parameter AOD (*Aerosol Optical Depth*) dan hasil pengolahan persebaran aerosol menggunakan AOD (*Aerosol Optical Depth*) yang kemudian dihitung dengan algoritma SARA (*Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*).

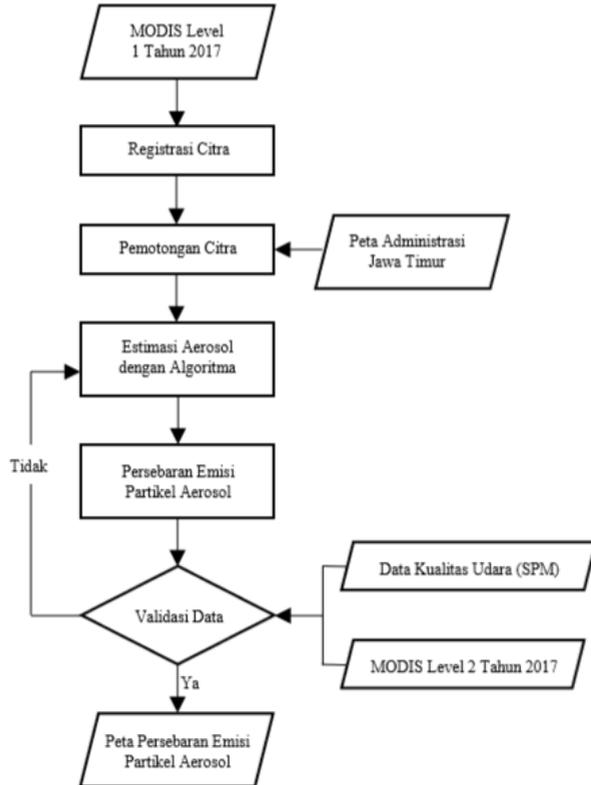
d. Tahap Akhir

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan laporan dilakukan bertahap dari apa yang sudah dikerjakan.

3.3.2. Tahap Pengolahan Data

Adapun diagram alir untuk langkah-langkah penelitian ini sebagai berikut:

a. Tahap Pengolahan Citra MODIS



Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengolahan Citra MODIS

Penjelasan diagram alir pengolahan citra:

1. Regestrasi Citra

Regestrasi citra ke citra melibatkan proses *georeference* apabila citra acuannya sudah telah tergeoreferensi. Georeferensi adalah proses memberikan koordinat peta pada citra yang sesungguhnya sudah planimetris (datar). Setelah

dilakukan *georeference* tahap selanjutnya yaitu dilakukan koreksi radiometrik, langkah ini selain bertujuan untuk melakukan kalibrasi radiometrik juga digunakan untuk melakukan koreksi atmosfer pada citra MOD02HKM dimana citra ini digunakan sebagai *base* dari data yang diolah, sedangkan pada citra MOD09 tidak dilakukan koreksi atmosfer hanya dilakukan kalibrasi radiometrik karena data MOD09 dibutuhkan untuk mencari data *top of atmosphere* sehingga tidak perlu dikoreksi atmosfer

2. Pemotongan Citra

Pemotongan citra (*cropping*) dilakukan dengan pengambilan area tertentu yang akan diamati (*area of interest*) yaitu Kota Surabaya dengan batas administrasi kabupaten di Jawa Timur sebagai file vektor poligonnya. Hal ini bertujuan untuk mempermudah penganalisaan citra dan memperkecil ukuran penyimpanan citra. Namun pada tahap ini tidak dipotong dengan batas administrasi Kota Surabaya, tetapi dipotong dengan batas administrasi Jawa Timur dikarenakan untuk mempermudah validasi data hasil pengolahan dengan data MODIS Level 2. Hal tersebut dilakukan karena data Aerosol MODIS L2 tidak semua daratan memiliki data, hanya beberapa area saja.

3. Perhitungan dengan Algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol*

Retrieval Algorithm) dilakukan untuk mencari persebaran aerosol.

Semua parameter dapat diperkirakan untuk mengambil “Ketebalan Optik Aerosol” yang tetap dalam fungsi dari tiga variabel yang tidak diketahui: hamburan tunggal albedo ω_0 , parameter asimetri g dan parameter ketebalan aerosol. Untuk menghitung ketepatan optik aerosol atau *Aerosol Optical Depth* (AOD) menggunakan rumus akhir pada rumus (2.19), seperti sebagai berikut:

$$\tau_{a,\lambda} = \frac{4\mu_s\mu_v}{\omega_0 P_{a(\lambda,\theta_s,\theta_v,\phi)}} \left[\rho_{TOA(\lambda,\theta_s,\theta_v,\phi)} - \rho_{Ray(\lambda,\theta_s,\theta_v,\phi)} - \frac{e^{-\frac{-(\tau_R+\tau_a)}{\mu_s}} e^{-\frac{-(\tau_R+\tau_a)}{\mu_v}} \rho_{S(\lambda,\theta_s,\theta_v,\phi)}}{1 - \rho_{S(\lambda,\theta_s,\theta_v,\phi)}[(0.92\tau_R + (1-g)\tau_a)e^{-(\tau_R+\tau_a)}]} \right]$$

4. Validasi Data

a) Uji Validasi AOD dengan SPM

Setelah dilakukan estimasi aerosol dengan algoritma akan didapatkan ketebalan persebaran aerosol. Setelah itu, dilakukan validasi menggunakan data SPM (*Suspended Particulate Matter*) dimana validasi didapatkan dengan mencari model korelasi antara SPM dan AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan mempertimbangkan bahwa koefisien AOD tidak hanya dipengaruhi oleh polusi udara

namun juga dipengaruhi oleh medan itu sendiri, misalnya padang pasir, area pemukiman, dan sebagainya. Nilai minimum uji validasi menggunakan data SPM setidaknya memiliki nilai akurasi sedang. Jika tidak memenuhi, maka perlu dilakukan estimasi dan perhitungan ulang untuk estimasi AOD. Nilai maksimum validasi ini harus $< 50\%$ dari ambang batas tingkat ketebalan aerosol, jika tahapan ini tidak memenuhi syarat maka dilakukan pengolahan ulang dengan algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*). Data SPM yang didapatkan merupakan data yang telah diolah oleh stasiun BMKG Karangploso dan merupakan data dari rata-rata bulanan perekaman SPM.

Secara teori jika SPM memiliki korelasi atau kesamaan data dalam penurunan kualitas udara dimana SPM merekam kualitas udara yang terjadi yang terdiri dari maka SPM dapat dijadikan sebagai validasi atau acuan dalam hasil pengolahan data persebaran aerosol menggunakan algoritma SARA.

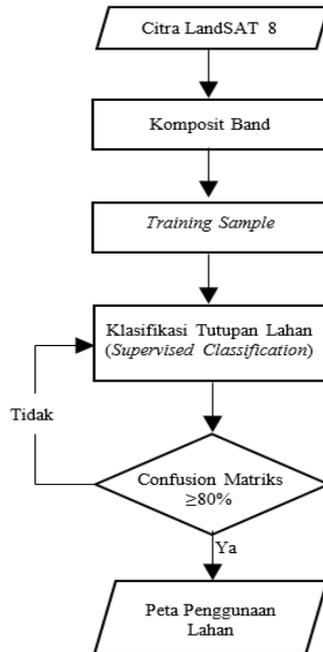
- b) Uji Validasi AOD dengan persebaran aerosol pada modis L2

Pada tahap ini dilakukan uji validasi hasil pengolahan AOD dengan Persebaran aerosol dari MODIS Level 2. Hal ini bertujuan untuk menguji keakuratan dari perhitungan dan

kesesuaian dari penggunaan algoritma SARA untuk wilayah Indonesia khususnya Surabaya. Pada pengambilan sampel untuk setiap bulan diambil secara acak tidak hanya di Surabaya namun juga di beberapa titik yang memiliki data aerosol dari MODIS Level 2, karena data produk level 2 untuk daerah daratan hanya beberapa area saja. Oleh karena itu untuk mendapatkan uji validasi dari setiap bulan dilakukan pengambilan titik sampel pada lokasi yang terdekat dengan Surabaya. Setelah dilakukan validasi, data AOD dari pengolahan MODIS Level 2 dilakukan pemotongan sesuai dengan batas administrasi Kota Surabaya.

5. Peta Persebaran Partikel Aerosol
Jika hasil uji validasi memiliki tingkat akurasi yang tinggi, tahap selanjutnya yaitu membuat peta persebaran aerosol dengan *software* pengolahan data sesuai dengan kaidah kartografi yang telah ditetapkan pada peraturan BMKG.

b. Tahap Pengolahan Citra LandSat 8



Gambar 3. 4. Diagram Alir Pengolahan Citra LandSat8

Penjelasan diagram pengolahan citra LandSat8:

1. Regrestrasi Citra LandSat8

Citra Satelit LandSat 8 yang didapatkan dari earthexplorer.usgs.gov. pada citra LandSat8 tidak perlu dilakukan koreksi geometrik karena pada LandSat 8 telah memiliki titik kontrol dalam metadatanya. Sedangkan regrestrasi citra yang dilakukan yaitu koreksi radiometrik, meliputi kalibrasi radiometrik dan koreksi atmosfer.

2. *Training Sample*

Pada tahap ini dilakukan pengambilan titik sampel untuk melakukan klasifikasi terbimbing. Pengambilan titik sampel dilakukan secara merata dengan jumlah titik sampel setiap kelas sebanyak 50 titik sampel.

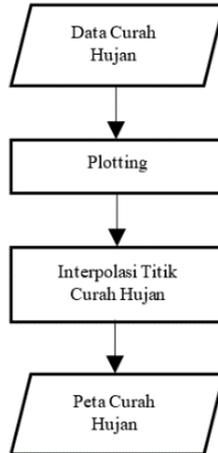
3. Klasifikasi Tutupan Lahan

Setelah melakukan pengambilan titik sampel, dilakukan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood*. Klasifikasi ini dipilih karena merupakan klasifikasi yang paling mendekati kesesuaian dengan kondisi di lapangan. Pengecekan nilai *Confusion Matrix* dengan syarat hasil *Confusion Matrix* diatas nilai 80%. Setelah itu, maka dihasilkan peta penggunaan lahan Kota Surabaya. Dari data *land use* diklasifikasikan menjadi dua bagian penting yaitu lahan terbangun, dan non terbangun yang terdiri dari hutan, sawah, ladang, dan kebun. Peta ini digunakan untuk melihat bagaimana pengaruhnya dalam memproduksi sumber aerosol.

4. Pembuatan Peta Tutupan Lahan

Setelah klasifikasi yang sesuai maka dilakukan pembuatan peta tutupan lahan.

c. Tahap Pengolahan Data Curah Hujan



Gambar 3. 5. Diagram Alir Pengolahan Data Curah Hujan

Penjelasan diagram pengolahan data curah hujan:

1. Plotting Data

Dilakukan plotting titik pemantauan curah hujan pada stasiun kerjasama BMKG. Pemberian nilai dilakukan dengan memasukkan jumlah nilai curah hujan yang terdapat di setiap stasiun kedalam data spasial pada tabel atribut. Pada titik yang tidak merekam dilakukan pemberian angka nol, dimana data tersebut berarti tidak merekam.

2. Interpolasi Titik Curah Hujan

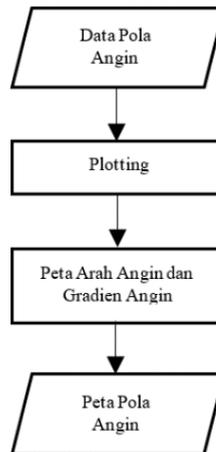
Melakukan interpolasi spasial antar titik stasiun agar didapatkan besaran curah hujan di suatu daerah yang tidak terdapat stasiun pemantau. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weight*. Pembuatan peta curah hujan yang dihasilkan dari nilai

intensitas curah hujan berdasarkan stasiun curah hujan yang tersebar di Kota Surabaya. Intensitas curah hujan yang terjadi karena pengaruh monsoon menyebabkan perbedaan tinggi, rendahnya curah hujan pada musim tertentu. Hal ini dapat diketahui bagaimana pola distribusi, dan jumlah nilai AOD pada saat musim penghujan, dan musim kemarau. Hipotesis awal menyatakan bahwa berdasarkan teori jika curah hujan tinggi maka nilai aerosol akan rendah, karena mengalami pencucian aerosol.

3. Pembuatan Peta Curah Hujan

Tahap selanjutnya melakukan pemotongan area yang diteliti sesuai dengan batas administrasi. Kemudian dilakukan *layouting* peta untuk menghasilkan peta curah hujan.

e. Tahap Pengolahan Data Pola Angin



Gambar 3. 6. Diagram Alir Pengolahan Data Pola Angin

Penjelasan diagram pengolahan data pola angin:

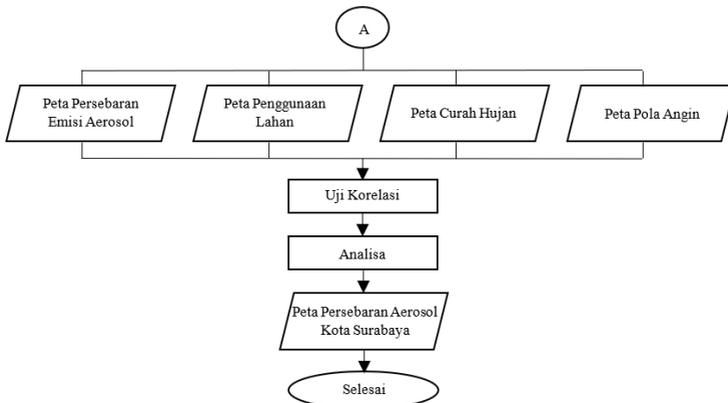
1. Plotting Data

Dilakukan plotting titik curah hujan untuk stasiun kerjasama BMKG yaitu pada stasiun Perak I dan Perak 2.

2. Peta Arah Angin dan Gradien Angin

Membuat peta angin yang merupakan arah gradien angin yang melingkupi area Jawa Timur. Peta angin ini dilakukan pemotongan citra dengan *Select By Mask* sehingga menghasilkan peta arah angin Kota Surabaya. Pada tahap ini dilakukan pembuatan dua peta yaitu peta arah angin harian dan peta arah angin mooson tahunan.

f. Tahap Penampalan (*Overlay*) Peta



Gambar 3. 7. Diagram Alir *Overlay* dan Analisa

Penjelasan diagram penampalan peta (*overlay*) dan analisa.

1. Uji Korelasi

a) Uji Korelasi dengan Tutupan Lahan

Pada tahap ini dilakukan uji korelasi dengan Peta Penggunaan Lahan (*Land Use*) untuk melihat bagaimana pengaruhnya dalam memproduksi sumber aerosol. Secara hipotesa semakin aerosol akan semakin tinggi pada area penggunaan lahan terbangun lebih tinggi maka persebaran aerosol juga tinggi, begitu sebaliknya. Hasil dari uji korelasi ini menggunakan batas minimum 0,40 atau dalam kategori sedang, karena dalam validasi antara Peta *Land Use* dengan Peta Aerosol hanya memiliki hubungan yang kecil dimana berarti persebaran aerosol juga memiliki faktor lain yang lebih berpengaruh yaitu curah hujan dan pola angin. Algoritma dalam uji korelasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{(N \sum x^2) - (\sum x)^2\} \{(N \sum y^2) - (\sum y)^2\}}}$$

b) Uji Korelasi dengan Angin dan Curah Hujan

Pada tahap ini dilakukan uji korelasi dengan peta curah hujan dan pola angin untuk menghasilkan peta persebaran berdasarkan pola angin dan curah hujan, dimana hipotesa awal berdasarkan teori persebaran aerosol akan menipis ketika musim hujan dan arah persebaran akan mengikuti pola angin. Tahap ini melakukan

penggabungan seluruh parameter yang telah diolah sebelumnya berupa Peta Persebaran Aerosol.

2. Penampalan (*Overlay*) Peta dan pembobotan
Pada tahap ini dilakukan penampalan pada seluruh peta yang diolah untuk mendapatkan Peta Persebaran Aerosol dengan pengaruh aspek meteorologi dan penggunaan lahan. Pada tahapan penampalan peta dilakukan pemberian *scoring* atau pembobotan. Tahapan dalam pemberian *scoring* atau pembobotan dengan cara klasifikasi dari nilai atau kelas untuk membedakan nilai yang rendah ke nilai yang tinggi dalam tingkatan data untuk setiap parameter pembuatan peta. Pada tabel 3.5 hingga 3.9 merupakan nilai dari pemberian bobot. Pada tabel terdapat kolom faktor yang merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas udara karena persebaran AOD. Sedangkan nilai presentase pada kolom sebelah faktor yang mempengaruhi merupakan nilai presentase peran dalam pengaruh perubahan persebaran AOD. Nilai presentase tersebut didapatkan dari pertimbangan uji korelasi yang dilakukan oleh Billal (2013). Pemberian kelas pada tabel curah hujan dan pola angin mengacu pada rentang nilai minimum tekanan udara yang dapat direkam dan nilai maksimum dari intensitas curah hujan dan angin dalam batas aman.

a. Pembobotan Tutupan Lahan

Tabel 3. 10. Pembagian Skor Tutupan Lahan (Fahlefi 2017)

Faktor		Kelas	
Tutupan Lahan	25%	Lahan Kosong	1
		Tambak dan Badan Air	2
		Vegetasi	3
		Sawah dan Ladang	3
		Pemukiman	4
		Industri	4

b. Pembobotan Curah Hujan

Tabel 3. 11. Pembagian Skoring Curah Hujan (Billal 2013)

Faktor		Kelas	
Curah Hujan	25%	<2 mm/hari	0
		2 - 15 mm/hari	1
		15 - 20 mm/hari	2
		>20 mm/hari	3

c. Pembobotan Intensitas Pola Angin

Tabel 3. 12. Pembagian Skoring Intensitas Pola Angin

Faktor		Kelas	
Angin	10%	0 - 0,9 knot	1
		0,9 - 1,3 knot	1
		1,3 - 2,7 knot	2
		> 2,7 knot	3

d. Pembobotan Persebaran AOD

Pemberian penilaian dengan rentang 0 – 50 dimana persebaran

Tabel 3. 13. Pembagian Skoring AOD (Billal 2013)

Faktor		Kelas	
AOD	40%	0 – 50	1
		50 – 60	1
		60 – 70	2
		>70	3

e. Pembobotan Akhir

Pembobotan akhir diberikan dari hasil akumulasi dari presentase dikalikan bobot untuk setiap parameter.

Untuk mendapatkan peta persebaran AOD pada tahun 2017 dilakukan dengan memberikan bobot atau nilai pada setiap kelas parameter dengan menggunakan rumus :

$$(0,5 \times \text{skor AOD}) + (0,30 \times \text{skor curah hujan}) + (0,15 \times \text{skor penggunaan lahan}) + (0,15 \times \text{skor pola angin})$$

Kemudian hasil dari perhitungan tersebut dilakukan klasifikasi tingkat kualitas udara di Kota Surabaya.

Tabel 3. 14. Pembagian Rentang Kelas

Kelas	
0 - 50	Rendah
50 - 60	Sedang
60 - 70	Tinggi
>70	Sangat Tinggi

3. Analisis Peta Persebaran Aerosol

Analisis dilakukan untuk melakukan pemantauan kualitas udara dari data AOD

MODIS selama tahun 2017. Sebelum mendapatkan data AOD yang seutuhnya, dilakukan pengestimasi algoritma untuk mendapatkan data AOD yang rusak akibat adanya awan, *dark pixel*, dan sebagainya. Kemudian dilakukan pengkajian aerosol dengan aspek meteorologi dan peta *land use* yang mempengaruhi persebarannya.

4. Pembuatan Peta Persebaran Partikel Aerosol
Pada tahap ini dilakukan pembuatan layout peta dari penggabungan distribusi aerosol yang telah terjadi pada tahun 2017 bulan Januari sampai Desember dan dengan memperlihatkan hubungannya dengan menggunakan klasifikasi AOD (*Aerosol Optical Depth*).

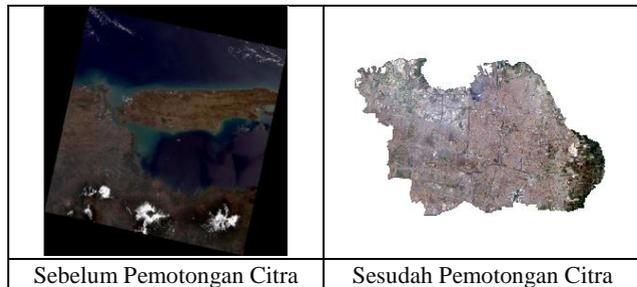
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengolahan Citra LandSat 8

4.1.1. Pemotongan Citra

Pada data Citra LandSat8 yang digunakan tidak perlu dilakukan koreksi geometrik karena data citra LandSat yang digunakan yaitu L1 T (*level-one terrain-correction*). Dimana data LandSat8 yang digunakan berarti telah melalui proses penyesuaian untuk koreksi kesalahan internal dengan menggunakan data sensor dan ephemeris serta sekaligus menggunakan data *Ground Control Point (GCP)* dan *Digital Elevation Model (DEM)*. Oleh sebab itu, data citra yang didapatkan dapat langsung dilakukan tahap pemotongan citra menggunakan batas administrasi. Dari hasil pemotongan didapatkan citra seperti pada gambar 4.1. dimana area yang dihasilkan telah terfokus hanya pada wilayah Kota Surabaya.



Gambar 4. 1. Pemotongan Citra

Setelah pemotongan citra sesuai batas administrasi Kota Surabaya, dilanjutkan dengan koreksi radiometrik meliputi kalibrasi radiometrik dengan metode GAIN-OFFSET untuk merubah nilai DN ke reflektan dan

koreksi atmosfer dengan menggunakan metode 6SV untuk menghilangkan efek pengaruh atmosfer.

Tabel 4. 1. Pengolahan Koreksi Atmosfer

Basic Stats	Min	Max	Mean
Band 2	0,065384	0,756424	0,145680
Band 3	0,075029	0,792106	0,153297
Band 4	0,051277	0,855057	0,159484

Pada tabel 4.1 didapatkan hasil koreksi atmosfer memiliki rentang nilai $0 < 1$, dimana berarti hasil citra LandSat 8 tidak terpengaruh oleh kesalahan yang disebabkan atmosfer dan dapat digunakan untuk pengolahan pengekstrakan klasifikasi citra.

4.1.2. Hasil Klasifikasi Citra

Tahap klasifikasi citra merupakan proses mengelaskan jenis tutupan/penggunaan lahan dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Metode ini digunakan karena paling akurat dibanding dengan metode yang lainnya karena untuk menghasilkan klasifikasi memerlukan sampel objek atau *training area* yang dibuat dengan membuat ROI untuk setiap objek klasifikasi. Klasifikasi terbimbing *maximum likelihood* beracuan pada nilai piksel yang dipilih dalam penentuan kelas objek atau pembuatan *training sample* untuk masing-masing objek tutupan lahan. Kelas-kelas klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini berupa Industri, Pemukiman, Tambak dan Badan Air, Lahan Kosong, Sawah dan Ladang serta Vegetasi. Keenam kelas ini dipilih karena merupakan obyek yang paling berpengaruh terhadap persebaran aerosol.

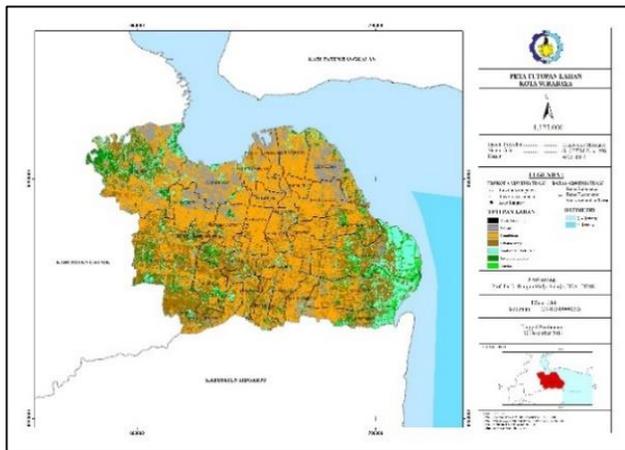
Untuk mengetahui tingkat akurasi atau ketelitian dari hasil klasifikasi dihitung dengan menggunakan uji akurasi matriks konfusi. Uji akurasi berdasarkan sampel ROI dalam penentuan *training data*. Hasil dari uji akurasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kepercayaan pengguna terhadap data yang digunakan nantinya (Marini, dkk. 2014). Dari nilai matriks konfusi didapatkan hasil *overall accuracy* dan nilai *Kappa* dari klasifikasi penutupan lahan seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Nilai Akurasi dan Kappa Klasifikasi Tutupan Lahan

Tutupan Lahan	Overall Accuracy (%)	Kappa
Pemukiman	87,6993	0,8176
Industri	82,8939	0,7367
Lahan Kosong	84,6394	0,7800
Tambak dan Badan Air	81,5192	0,7212
Sawah dan Ladang	81,4933	0,7118
Vegetasi	80,0897	0,7147
Rata-Rata	83,0558	0,7487

Dalam nilai matriks konfusi yang didapatkan nilai *Overall Accuracy* rata-rata bernilai 83,0558% dan nilai *Kappa Coefficient* sebesar 0,7487 yang telah melebihi nilai minimum dari matrik koefisien yaitu 80% sehingga hasil pengklasifikasian mendekati kebenaran. Nilai akurasi paling tinggi terdapat pada kelas objek pemukiman, hal tersebut disebabkan pengambilan *training data* yang dilakukan mendekati nilai piksel yang relatif stabil sehingga pada *training data* pemukiman dapat mengklasifikasikan area lebih tepat. Sedangkan nilai akurasi yang paling rendah terdapat pada kelas

objek vegetasi sebesar 80,089%, hal tersebut disebabkan nilai dari piksel dari vegetasi dan sawah cenderung memiliki nilai piksel yang sama. Nilai akurasi koefisien kappa dinilai baik sebagai indikator penentuan kualitas klasifikasi dibandingkan nilai akurasi keseluruhan (*overall*) karena mempertimbangkan semua elemen pada matriks kesalahan. Sedangkan akurasi *overall accuracy* hanya mempertimbangkan piksel-piksel yang terletak pada diagonal matriks kontingensi sehingga jarang digunakan sebagai indikator keberhasilan klasifikasi (Sampurno & Thoriq 2016).

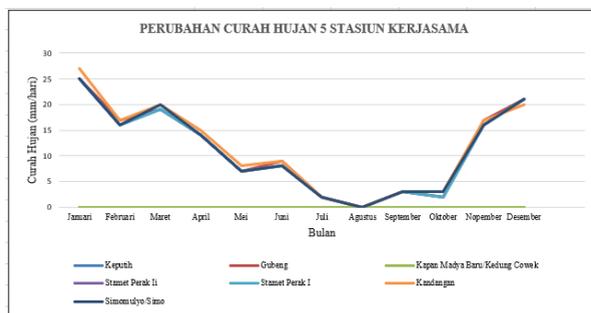


Gambar 4. 2. Peta Tutupan Lahan

Pada gambar 4.2 dihasil pada area Surabaya memiliki tingkat penggunaan lahan yang tinggi. Terutama pada area pusat kota. Sedangkan wilayah yang memiliki area vegetasi atau sawah dan ladang cenderung berada pada tepi kota. Menurut Billal (2013), tingkat penggunaan lahan yang tinggi akan menyebabkan persebaran aerosol yang tinggi.

4.2 Hasil Pengolahan Curah Hujan

Data pengolahan curah hujan dari 8 stasiun kerjasama pengamatan dilakukan pengolahan intensitas curah hujan untuk setiap bulannya. Metode yang digunakan untuk nilai interpolasi dari nilai yang ada pada sampel untuk memperoleh nilai disekitarnya adalah metode IDW (*Inverse Distance Weighted*), dimana metode ini merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Metode IDW mempertimbangkan nilai interpolasi berdasarkan kebalikan jarak antar titik. Semakin rapat titik maka hasil interpolasi antar titik tersebut semakin baik. Hasil interpolasi berupa data raster yang perlu diubah menjadi data vektor kemudian dipotong (subset) berdasarkan lokasi penelitian tugas akhir.



Gambar 4. 3. Grafik Perubahan Curah Hujan

Pada gambar 4.3 merupakan hasil perekaman yang dilakukan oleh 8 stasiun kerjasama yang ada di Kota Surabaya dengan detail lokasi stasiun kerjasama pada lampiran 2. Dari hasil perubahan curah hujan rata-rata setiap bulan pada tahun 2017 dilakukan perhitungan rata-

rata pada 8 stasiun untuk menghitung uji korelasi pada nilai AOD.

Tabel 4. 3. Curah Hujan Rata-rata

Bulan	Curah Hujan (mm/hari)
Januari 2017	25
Februari 2017	16
Maret 2017	19
April 2017	14
Mei 2017	7
Juni 2017	8
Juli 2017	2
Agustus 2017	0
September 2017	3
Oktober 2017	2
November 2017	16
Desember 2017	21

Dengan grafik gambar 4.4 sebagai berikut:



Gambar 4. 4. Grafik Perubahan Curah Hujan Tahun 2017

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai rata – rata curah hujan tahun 2017 didapatkan grafik yang cenderung naik dari bulan November hingga bulan Desember 2017 dengan nilai intensitas curah hujan bulan Desember sebesar 25 mm/hari dan nilai intensitas terendah pada bulan Agustus 2017 yaitu 0 mm/hari. Secara faktual pada bulan Agustus 2017 terjadi hujan untuk wilayah Surabaya dengan intensitas yang rendah, namun dikarenakan pada bulan Agustus 2017 terjadinya perbaikan pada stasiun kerjasama maka pada bulan Agustus 2017 tidak terjadi perekaman, sehingga data dari curah hujan dianggap nol.

Dari hasil perhitung gambar 4.4 dimasukkan kedalam atribut titik (*point*) sesuai dengan koordinat dan kelurahan lokasi stasiun yang didapatkan. Untuk area yang tidak memiliki stasiun pengamatan digunakan pembuatan titik pada tengah area dari batas poligon setiap kelurahan yang ada di Surabaya dengan nilai nol sehingga didapatkan nilai intensitas dari setiap kelurahan dan didapatkan hasil peta curah hujan seperti pada lampiran 5.

4.3 Hasil Pengolahan Pola Angin

Pada tabel merupakan hasil pengolahan pola angin dari data NetCDF dan data intensitas pola angin.

Tabel 4. 4. Intensitas dan Arah Angin Tahun 2017

Bulan	Rata-rata Kecepatan (knot)	Arah Angin Kecepatan Maksimum (knot)	Arah Angin
Januari	1	45	NE - SW
Februari	1,5	105	E - W
Maret	1	190	E - W

Lanjutan Tabel 4.4.

Bulan	Rata-rata Kecepatan (knot)	Arah Angin Kecepatan Maksimum (knot)	Arah Angin
April	1	345	S - N
Mei	1	335	EW
Juni	1	65	W - E
Juli	1	95	NE - SE
Agustus	1	85	S - N
September	1	50	NW - SE
Oktober	1,5	205	SW - NE
November	1	200	SE - NW
Desember	1	175	N - S

Pada tabel 4.4. didapatkan nilai rata-rata kecepatan angin paling tinggi sebesar 1,5 knot. Pada hasil pengolahan pola arah angin (*lampiran 7*) yang dihasil terdapat beberapa bulan yang tidak sesuai dengan arah angin mooson (*lampiran 8*). Hal tersebut karena angin mooson merupakan pola angin dari semua data atau data rata – rata tahunan, sedangkan data yang digunakan merupakan data pola angin saat waktu perekaman yaitu pada pukul 01:00 untuk setiap bulannya.

Sehingga pada penelitian tugas akhir dilakukan perbandingan dan analisa perbesebaran aerosol, sehingga didapatkan bahwa pola angin mooson lebih berpengaruh dibandingkan pola angin hasian.

4.4 Hasil Pengolahan SPM

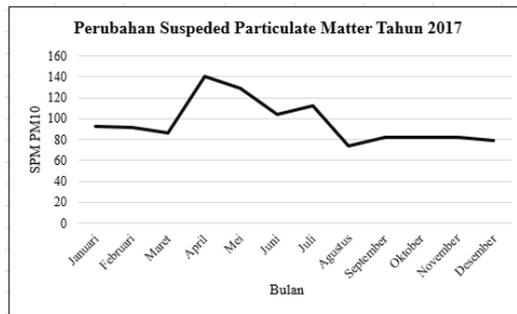
SPM PM 10 (*Particulate Matter 10*) merupakan campuran dari debu dan aerosol serta zat yang dapat menurunkan kualitas udara dengan ukuran jari-jari partikular kurang dari 10 μ m. Pada tabel 4.5. merupakan hasil rata-rata perekaman SPM PM10 yang dilakukan pada stasiun Juanda menghasilkan data cenderung naik

pada musim kemarau dan mengalami penurunan pada musim hujan akibat pencucian aerosol oleh hujan.

Tabel 4. 5. Nilai Perbandingan SPM dan AOD

Bulan	SPM PM10 (μm)	AOD Pengolahan (μm)
Januari	92,14	0,09485
Februari	91,94	0,75566
Maret	85,94	0,71281
April	140,05	1,09738
Mei	128,55	1,51056
Juni	104,15	1,34811
Juli	111,85	0,87517
Agustus	73,94	0,64780
September	82,34	0,74149
Oktober	81,94	0,58500
November	81,94	0,66208
Desember	79,24	0,28200

Dengan hasil grafik perubahan seperti pada gambar 4.5. didapatkan hasil dari perekaman SPM PM 10 terjadi penurunan kualitas udara yang signifikan pada bulan Maret ke April, dan Agustus ke September.



Gambar 4. 5. Grafik Perubahan SPM Tahun 2017

Dari tabel 4.5. dan gambar 4.5. didapatkan bahwa perubahan SPM PM 10 pada tahun 2017 cenderung mengalami kenaikan dan penurunan polusi udara. SPM mengalami kenaikan drastis pada bulan Maret ke bulan April sebesar $54,11\mu\text{m}$ dan mengalami penurunan pada bulan Juli ke Agustus sebesar $37,99\mu\text{m}$ pada PM10. Penurunan dan kenaikan yang terjadi merupakan efek dari perubahan musim, dimana pada bulan Agustus telah memasuki musim penghujan sedangkan pada bulan Februari hingga Juli merupakan musim kemarau. Polusi udara akan mengalami penurunan ketika terjadinya musim hujan, dimana pada musim penghujan mampu untuk mengurangi adanya tingkat polusi sehingga pada bulan tersebut nilai SPM akan rendah. Hasil ini sesuai dengan teori dari Alvaro (2013) bahwa polusi udara akan mengalami pencucian oleh intensitas air yang turun.

4.5 Hasil Pengolahan Citra MODIS

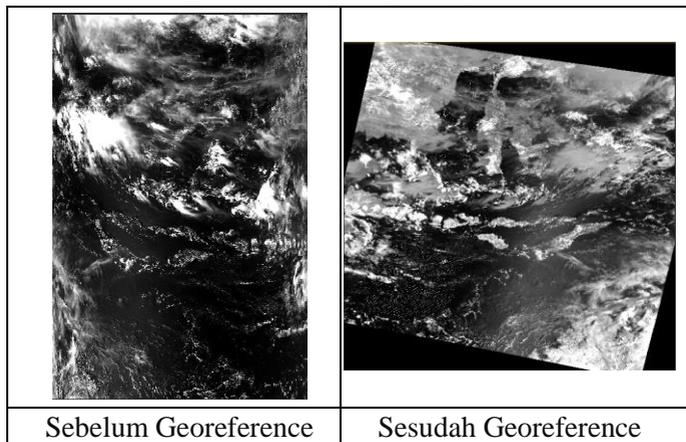
4.5.1. Hasil Regrestrasi Citra MODIS

Pemilihan data MODIS dimaksudkan untuk mendapatkan citra TERRA MODIS yang mencakup daerah penelitian dan dapat mengidentifikasi persebaran aerosol. Dalam penelitian Tugas Akhir ini digunakan citra satelit dengan kurun waktu tertentu (temporal) untuk mendapatkan perubahan persebaran aerosol yang terdapat di Kota Surabaya. Adapun daftar data citra TERRA MODIS yang digunakan dapat dilihat pada table 3.1, 3.3, 3.5 dan 3.7.

4.5.2. Georeferencing

Data mentah pada citra MODIS Level 1B yang sebelumnya dalam format *Hierarchical Data Format* (.hdf) masih terdapat kerusakan citra berupa duplikasi

baris pada bagian tertentu yang disebabkan pada perangkat satelit terdapat peningkatan *Instantaneous Field Of View* (IFOV) dari 1x1 km pada titik terendah (nadir) menjadi hampir mendekati 2x5 km pada sudut scan maksimum yaitu 55°. Untuk memperbaiki efek tersebut dilakukan suatu koreksi Bow-Tie yang terdapat pada proses Georeferencing pada perangkat pengolah citra dan menghasilkan seperti pada .gambar 4.6.



Gambar 4. 6. Proses Georeferencing

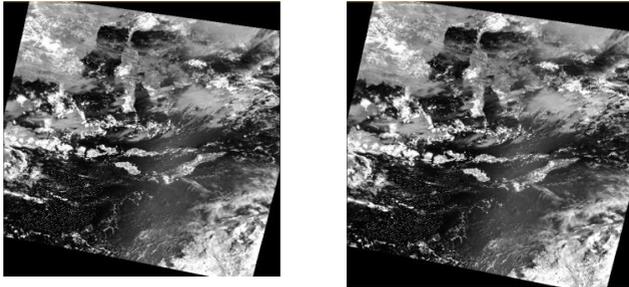
Pada gambar 4.6. dihasilkan citra yang telah terkoreksi geometrik akan sesuai dengan keadaan yang sebenarnya secara geometrinya. Penentuan sistem proyeksi dan datum yang digunakan juga dilakukan pada proses Georeferencing. Sistem proyeksi geografis yang digunakan adalah UTM dengan datum yaitu WGS1984. Untuk *Ground Control Point* (GCP) yang digunakan sebagai acuan dalam proses *Georeference* menggunakan parameter dari masing-masing sensor citra yang terpilih. Selanjutnya seluruh data pada citra asli akan

ditransformasikan secara matematik ke citra akhir atau *resampling*. Dalam hal ini dibentuk piksel baru sebagai perbaikan pada piksel lama yang mengalami kerusakan yaitu dengan teknik “*nearest neighbour*”. Teknik ini dilakukan dengan cara mengalihkan titik keabuan piksel yang telah terkoreksi dengan harga keabuan piksel tetangganya pada citra semula. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan kanal/ band yang digunakan untuk pengolahan selanjutnya yang bertujuan untuk mengurangi beban dalam proses pengolahan sehingga proses pengolahan dapat lebih cepat dan efisien.

4.5.3. Kalibrasi Radiometrik

Pada produk data MODIS L1B, masing-masing nilai ($L\lambda$) atau radiansi (energi radiasi yang diterima permukaan bumi per satuan luas) pada piksel diekspresikan pada format 32-bit *floating point*. Penulisan dalam format *floating point* ke file produk L1B akan membuat ukuran file menjadi besar. Oleh karena itu, MCST (*MODIS Characterization Support Team*), menulis produk L1B ke dalam format 16-bit *scaled integer* untuk merepresentasikan dari kalibrasi sinyal yang diukur oleh sensor MODIS (Xiong, Toller, dkk. 2013).

Nilai radiansi dapat dihitung dari dua istilah yaitu *radiance scale* dan *radiance offset* yang tertulis pada *attribute emissive band* di *Scientific Data Sets* (SDS). Sedangkan nilai reflektansi dapat dihitung dari dua istilah yaitu *reflectance scale* dan *reflectance offset* yang tertulis pula pada *attribute reflectance band* di *Scientific Data Sets* (SDS).



Gambar 4. 7. Hasil Kalibrasi Radiometrik

4.5.4. Hasil Koreksi Atmosfer MOD02HKM

Koreksi Atmosfer merupakan kegiatan untuk merubah reflektan yang diterima sensor (ρ_{toa}) menjadi reflektan permukaan (ρ_{boa}) atau merubah radian yang diterima sensor (L_{toa}) menjadi radian permukaan (L_{boa}). Koreksi Atmosfer adalah proses yang diperlukan untuk menghilangkan pengaruh atmosfer pada data penginderaan jauh yang direkam oleh sensor (Jaelani 2018).

Koreksi atmosfer pada MODIS MOD02HKM diperlukan untuk menghilangkan efek atmosfer pada reflektan permukaannya, sedangkan data MOD03 dan MOD09 tidak perlu dilakukan koreksi atmosfer karena data yang digunakan pada MODIS tersebut adalah radian permukaan.

Tabel 4. 6. Koreksi Atmosfer MOD02HKM

Bulan	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Januari	0,056	0,884
Februari	0,034	0,647
Maret	0,036	0,677
April	0,003	0,568

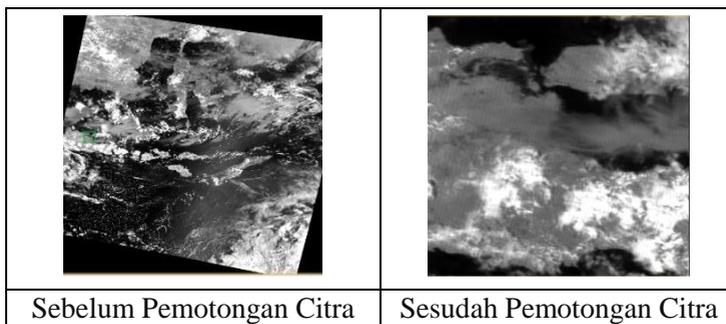
Lanjutan Tabel 4.6.

Bulan	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Mei	0,001	0,453
Juni	0,029	0,660
Juli	0,002	0,892
Agustus	0,012	0,600
September	0,010	0,321
Oktober	0,039	0,702
November	0,002	0,677
Desember	0,021	0,780

Pada tabel 4.6. memiliki nilai maksimum kurang dari 1 sehingga data MODIS MOD02HKM telah terbebas dari pengaruh atmosfer yang menyebabkan kesalahan dalam nilai reflektan yang direkam. Selain itu, data yang telah diproses telah dapat digunakan dalam ekstrasi nilai yang dibutuhkan pada reflektan permukaan.

4.5.5. Pemotongan Citra

Proses pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan *resize data* maupun *subset data via ROI (Region of Interest)* dengan software pengolahan citra. Hasil pemotongan (*cropping*) pengolahan citra MODIS dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut:



Gambar 4. 8. Hasil Pemotongan Citra MODIS

Pemotongan citra dilakukan agar pengolahan citra terbatas hanya pada wilayah Surabaya seperti pada hasil gambar 4.8. setelah dilakukan pemotongan. Selain itu, pemotongan citra mempermudah dan mempercepat proses pengolahan sehingga hasil pengolahan lebih akurat dan mudah untuk diproses.

4.6 Hasil Pengolahan Peta Persebaran Aerosol

Untuk mengetahui persebaran AOD digunakan algoritma SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*). Algoritma SARA digunakan karena pada wilayah Indonesia hanya memiliki satu AERONET (*Aerosol Robotic Network*) yaitu pada Kota Bandung. Sehingga algoritma SARA dibutuhkan untuk mengetahui nilai persebaran AOD secara spasial maupun temporal pada wilayah yang tidak terdapat pengukuran AOD sebagai cara untuk memonitoring kualitas udara. Selain itu, penggunaan algoritma SARA dapat menghasilkan pemetaan sebaran AOD dengan peningkatan resolusi dari 10 km ke 500 m (Billal 2013).

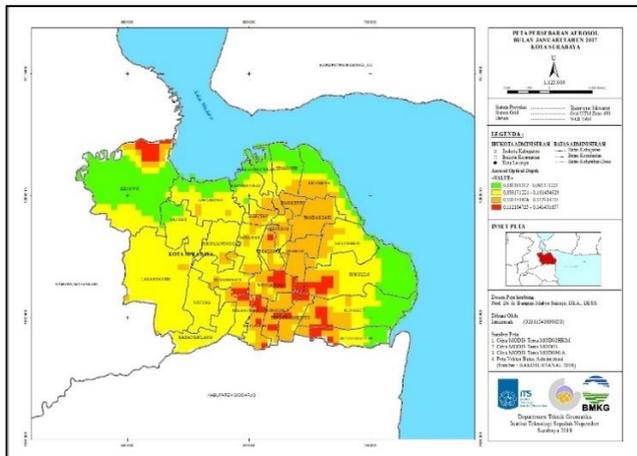
Pemantauan persebaran AOD dilakukan selama 1 tahun dengan menggunakan satu data setiap awal bulan. Secara hipotesis bahwa tingkat persebaran aerosol yang terjadi pada musim kemarau akan lebih tinggi dibandingkan dengan musim hujan, hal tersebut karena ketika musim hujan aerosol mengalami pencucian yang menyebabkan jumlah aerosol berkurang.

Berdasarkan tabel 4.7 didapatkan nilai persebaran tertinggi pada bulan Mei dan terendah pada bulan Januari 2017.

Tabel 4. 7. Ketebalan Aerosol *Optical Depth*

Bulan	Terendah (μm)	Tertinggi (μm)
Januari 2017	0,082	0,141
Februari 2017	0,345	0,778
Maret 2017	0,235	1,356
April 2017	0,111	1,566
Mei 2017	0,317	1,794
Juni 2017	0,738	1,513
Juli 2017	0,120	0,996
Agustus 2017	0,187	0,873
September 2017	0,143	0,906
Oktober 2017	0,047	0,651
November 2017	0,141	0,681
Desember 2017	0,172	0,494

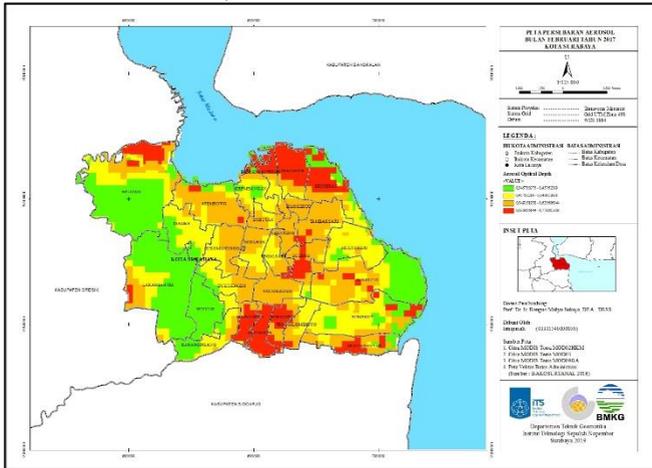
Pada pengolahan bulan Januari dapat dilihat pada gambar 4.9 bahwa bulan Januari memiliki nilai persebaran AOD tertinggi 0,141 μm dan terendah 0,081 μm . Area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Gubeng dikarenakan pada wilayah Gubeng, sedangkan area yang paling rendah atau paling kecil memiliki persebaran aerosol adalah Benowo dengan nilai RMSE sebesar 0,011 μm , dimana nilai tersebut terbilang kecil sehingga dari hasil pengolahan algoritma SARA dapat dianggap benar.



Gambar 4. 9. Persebaran AOD Bulan Januari 2017

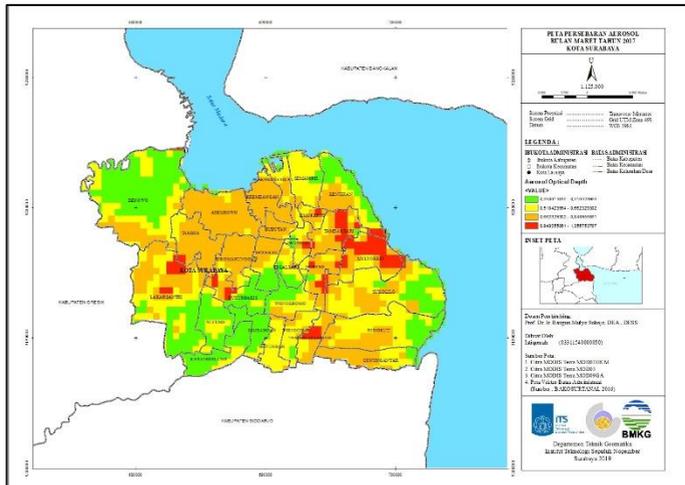
Pada bulan Februari 2017, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi $0,778\mu\text{m}$ dan terendah $0,345\mu\text{m}$ dengan nilai RMSE yang lebih besar dibandingkan pada bulan Januari 2017 yaitu sebesar $0,043\mu\text{m}$ namun masih termasuk dalam nilai toleransi dan tidak memiliki nilai lebih dari 1. Nilai terbesar dari *square residual* yaitu sebesar $0,000529$ dimana nilai tersebut juga memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai terbesar pada bulan Januari 2017, hal ini disebabkan pada saat pengambilan titik sampel terdapat awan tipis (*haze*) data asli, sehingga ketika dilakukan pengolahan maka nilai piksel pada area *haze* akan tercatat. Area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Jambangan, Gayungan dan Semampir. Sedangkan area yang paling rendah atau paling kecil memiliki persebaran aerosol adalah Wiyung seperti pada gambar 4.10. Berdasarkan hasil pengolahan pada bulan Februari didapatkan hasil yang berbeda dengan pengolahan sebelumnya dimana persebaran di wilayah

tepi pantai memiliki tingkat persebaran AOD yang tinggi dari nilai AOD yang terjadi, seperti pada Kecamatan Kecamatan Semampir dengan nilai AOD rata-rata $0,752\mu\text{m}$ dan Kecamatan Kenjeran dengan nilai AOD $0,768\mu\text{m}$.



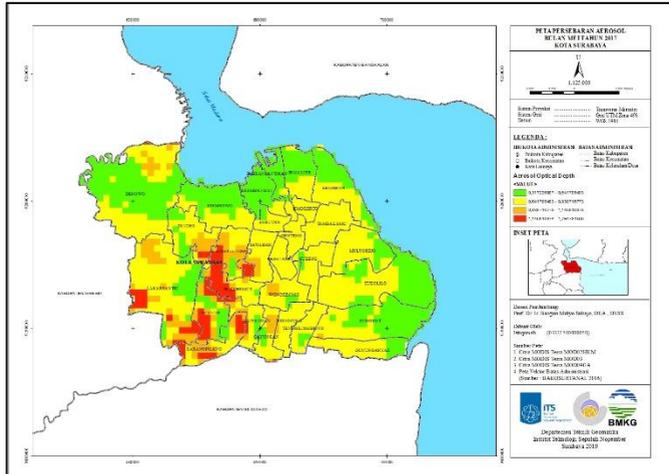
Gambar 4. 10. Persebaran AOD Bulan Februari 2017

Pada bulan Maret, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi $1,356\mu\text{m}$ dan terendah $0,250\mu\text{m}$ dengan area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Mulyorejo yaitu rata-rata area memiliki nilai AOD sebesar $1,321\mu\text{m}$. Sedangkan area yang paling rendah atau paling kecil memiliki persebaran aerosol adalah Kecamatan Jambangan dan Benowo serta wilayah pesisir pantai memiliki tingkat persebaran aerosol yang rendah. Dari hasil pengolahan didapatkan nilai *root mean square error* sebesar $0,037\mu\text{m}$ dengan nilai *square residual* terbesar sebesar $0,003\mu\text{m}$. Pada hasil pengolahan bulan Maret 2017 memiliki nilai kesalahan kurang dari 1 sehingga pengolahan pada bulan Maret memiliki tingkat akurasi tinggi yaitu 96%.



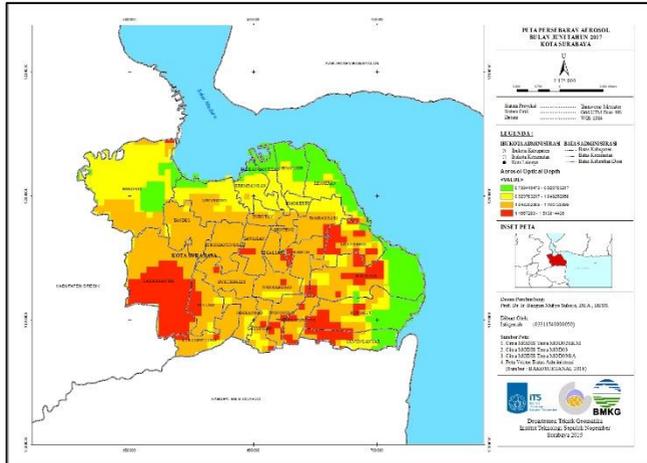
Gambar 4. 11. Persebaran AOD Bulan Maret 2017

Pada bulan April, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi $1,566\mu\text{m}$ dan terendah $0,111\mu\text{m}$ dengan nilai RMSE sebesar $0,159\mu\text{m}$ dan area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Wonorejo dengan dengan nilai *range* nilai persebaran maksimum antara $1,052\mu\text{m}$ hingga $1,566\mu\text{m}$. Sedangkan area yang paling rendah atau paling kecil masih sama seperti bulan Januari hingga Maret yaitu daerah Benowo yang memiliki persebaran aerosol terendah. Pada pengolahan bulan April yang memiliki nilai RMSE yang kecil, dapat diasumsikan bahwa penggunaan rumus SARA pada bulan April dapat dianggap benar, sehingga data dari pengolahan bulan April dapat dijadikan referensi keadaan kualitas udara.



Gambar 4. 13. Persebaran AOD Bulan Mei 2017

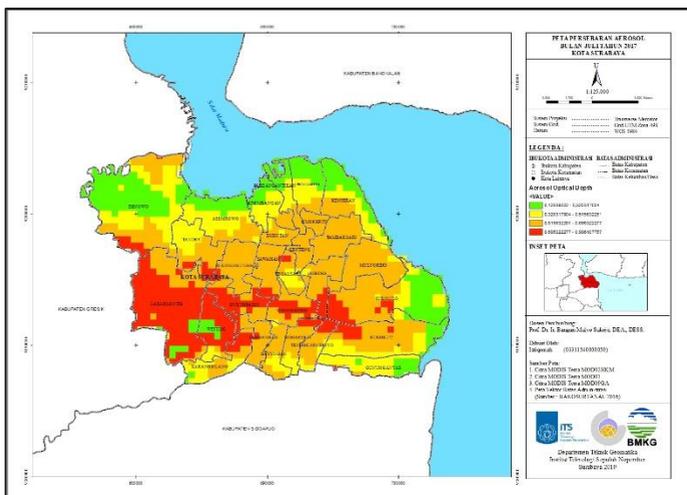
Pada bulan Juni, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi $1,513\mu\text{m}$ dan terendah $0,738\mu\text{m}$ dengan area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Lakarsantri. Hal tersebut didorong dengan pola angin yang terjadi pada bulan Juni 2017, selain itu penggunaan lahan pada daerah Kecamatan Lakarsantri terbilang cukup tinggi. Sedangkan area yang paling rendah atau paling kecil memiliki persebaran aerosol adalah Kenjeran karena masih tergolong area yang masih memiliki penggunaan lahan sebagai industri dan pemukiman yang rendah, terutama pada kecamatan ini area lahan banyak digunakan sebagai tambak dan tempat wisata sehingga persebaran aerosol sangat mudah berpindah dan terbawa oleh angin.



Gambar 4. 14. Peta Persebaran AOD Bulan Juni 2017

Dari hasil pengolahan yang telah dilakukan pada bulan Juli 2017, didapatkan bahwa nilai persebaran AOD paling tinggi sebesar $0,996\mu\text{m}$ dengan nilai terendah sebesar $0,120\mu\text{m}$ dengan nilai RMSE sebesar $0,039\mu\text{m}$. Dari gambar 4.15. didapatkan nilai AOD terbesar berada pada wilayah sebelah barat bagian selatan dari Surabaya yaitu Kecamatan Lakarsantri, Dukuhpakis dan Wiyung dimana hampir seluruh wilayah dari kecamatan tersebut memiliki nilai AOD yang tinggi salah satunya yaitu Lakarsantri, sedangkan kecamatan yang memiliki tingkat AOD terendah yaitu berada pada wilayah yang cenderung berada di sisi utara wilayah Surabaya terutama di Kecamatan Benowo, Asemworo, Krembangan dan Semampir. Persebaran aerosol yang cenderung pada wilayah selatan Surabaya dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai AOD akan tinggi pada wilayah yang berada

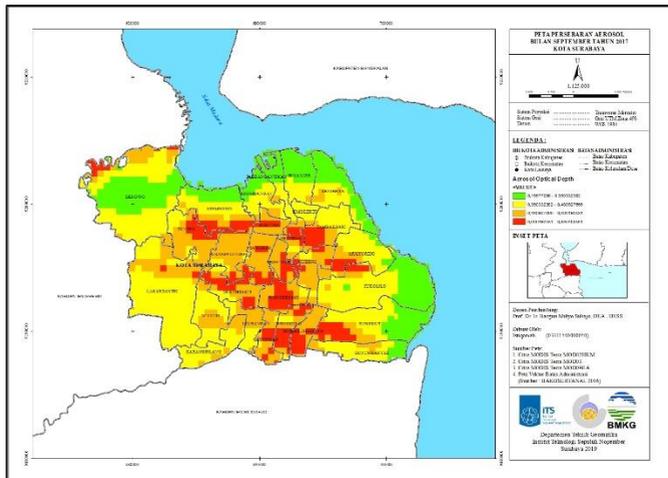
di daerah yang dekat dengan penggunaan lahan yang lain dibandingkan berada di tepi pantai.



Gambar 4. 15. Peta Persebaran AOD Bulan Juli 2017

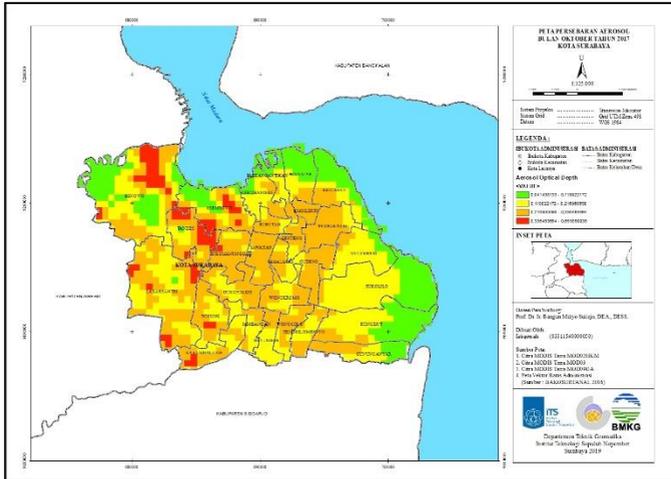
Pada bulan Agustus, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi 0,906 μ m dan terendah 0,143 μ m. Persebaran tertinggi yang terjadi berada pada pusat Kota Surabaya dan condong ke arah utara. Dari hasil pengolahan bulan Agustus didapatkan bahwa terjadinya penurunan kualitas udara pada beberapa wilayah yang sebelum bulan Agustus tidak mengalami persebaran aerosol yang tinggi seperti pada wilayah Kecamatan Sukomunggal, Sawahan dan sebagainya. yang menghasilkan RMSE senilai 0,016 μ m dimana nilai tersebut lebih kecil dibandingkan pada bulan Januari hingga Juli. Hasil RMSE yang kecil didukung karena pengambilan citra yang hampir seluruh *scene* terbebas dari awan maupun *haze* sehingga

memiliki penggunaan lahan yang kecil sehingga persebaran aerosol sangat mudah berpindah.



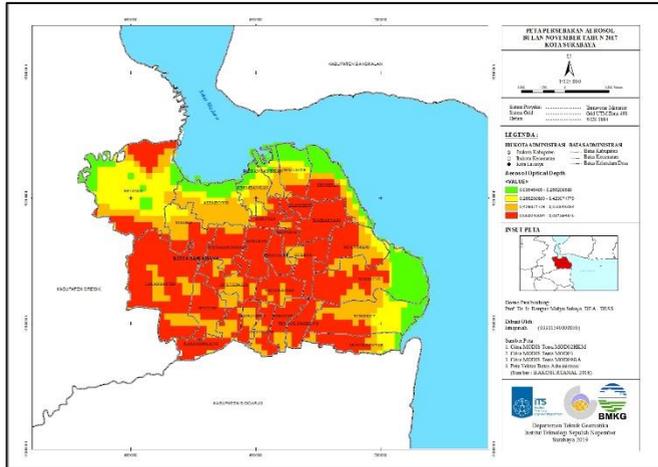
Gambar 4. 17. Peta Persebaran AOD Bulan September 2017

Pada bulan Oktober, diperoleh dengan nilai AOD tertinggi $0,651\mu\text{m}$ dan terendah $0,041\mu\text{m}$ dengan nilai RMSE sebesar $0,024\mu\text{m}$ dan area yang memiliki persebaran aerosol paling tinggi pada area Tandés, Benowo dan Asemrowo. Sedangkan wilayah yang memiliki tingkat persebaran terendah berada pada daerah berada ditepi pantai, seperti pada gambar 4.18 yaitu daerah tepi Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Semampir, dan Kecamatan Kenjeran.



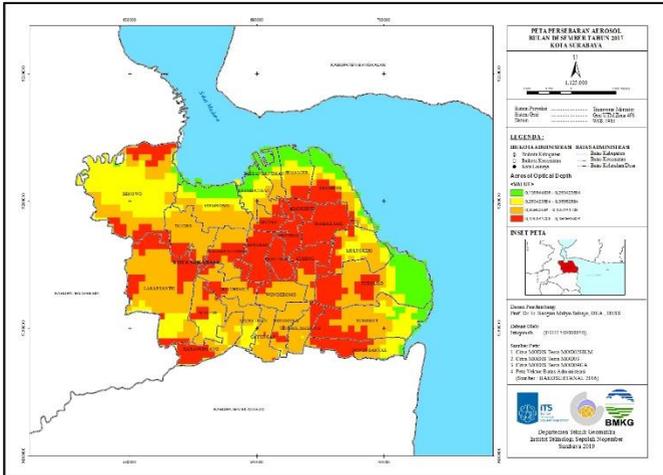
Gambar 4. 18. Peta Persebaran AOD Bulan Oktober 2017

Pada bulan November didapatkan nilai AOD tertinggi sebesar $0,681\mu\text{m}$ dan persebaran nilai AOD sebesar $0,096\mu\text{m}$. Pada gambar 4.19 dapat dilihat persebaran nilai AOD yang maksimum tersebar dengan merata terutama pada wilayah kecamatan yang memiliki penggunaan lahan yang tinggi seperti Sawahan, Tegalsari dan Wonokromo dimana kecamatan tersebut berada di tengah Kota Surabaya sehingga persebaran aerosol pada wilayah tersebut lambat. Berbeda dengan wilayah yang berada tepi pantai condong memiliki persebaran aerosol yang rendah seperti pada Kecamatan Benowo. Dari hasil pengolahan (*lampiran 11*) didapatkan nilai RMSE yang rendah yakni sekitar $0,055\mu\text{m}$, dimana hal tersebut dapat dikatakan bahwa penggunaan algoritma SARA pada pengolahan persebaran aerosol dapat dijadikan acuan.



Gambar 4. 19. Peta Persebaran AOD Bulan November 2017

Pada bulan Desember berdasarkan gambar 4.20 didapatkan persebaran AOD tertinggi sebesar $0,494\mu\text{m}$ dan nilai terendah sebesar $0,138\mu\text{m}$ dengan tingkat kesalahan pengolahan atau nilai RMSE yang kecil dibandingkan pada bulan sebelumnya yakni sebesar $0,038\mu\text{m}$. Persebaran AOD tertinggi berada pada wilayah di tengah pada sebelah timur Kota Surabaya seperti pada Kecamatan Tambaksari, Gubeng, dan Tegalsari. Sedangkan wilayah yang memiliki persebaran AOD sedang dan rendah terbilang merata terutama persebaran AOD pada tepi pantai.



Gambar 4. 20. Peta Persebaran AOD Bulan Desember 2017

4.7 Hasil Penampalan Peta

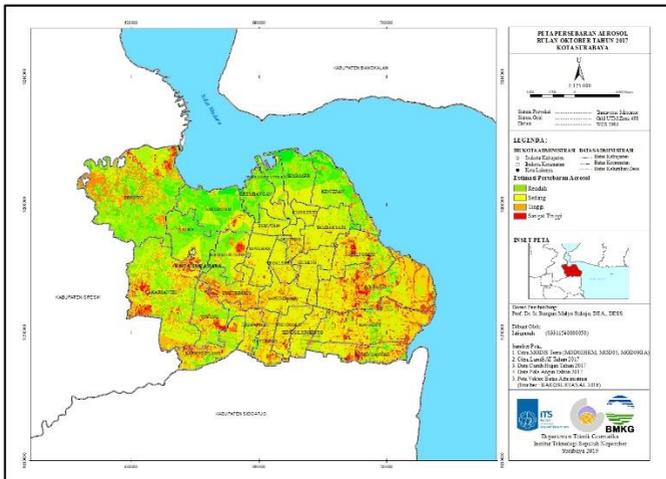
Aerosol merupakan partikel yang sangat mudah terbawa oleh angin, sehingga wilayah yang memiliki kecepatan angin tinggi akan memiliki nilai AOD yang rendah serta persebaran AOD juga dipengaruhi oleh kondisi geografis dan penggunaan lahan (Seinfeld 2016). Wilayah yang terletak pada pesisir pantai akan memiliki kualitas udara yang rendah dibandingkan dengan wilayah pusat kota dan wilayah yang dekat dengan jalan raya dan industri akibat dari mudahnya perpidahan aerosol (Zulfa 2014). Penurunan kualitas udara akibat aerosol selain dapat berkurang dengan adanya pola angin juga dapat hilang akibat adanya pencucian curah hujan, sehingga persebaran aerosol pada musim kemarau lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan (Péré, dkk 2015).

4.7.1. Persebaran Aerosol Musim Hujan

Berdasarkan pada penelitian Alvaro (2014) dan Billal (2013) berasumsi bahwa pada musim hujan memiliki kualitas udara yang lebih baik dibandingkan ketika musim kemarau akibat dari persebaran aerosol. Hal tersebut disebabkan oleh pengaruh angin mooson barat yang bergerak dari Benua Asia menuju Benua Australia dengan membawa banyak kandungan uap air dari samudra (*lampiran 8*) dan terjadi pada bulan Oktober hingga April. Selain itu, baik akibat dari pengaruh angin harian (*lampiran 7*) dan pola angin mooson berdampak pada persebaran aerosol yang cenderung mengarah ke arah selatan, sehingga kualitas udara akibat dari aerosol pada wilayah selatan Kota Surabaya cenderung lebih buruk dibandingkan wilayah utara.

Pada bulan Oktober 2017 dilakukan penampalan peta untuk menghasilkan peta persebaran aerosol dengan aspek meteorologi dan penggunaan lahan dengan menggunakan pembobotan pada tabel 3.10 hingga tabel 3.13. Pada gambar 4.21 didapatkan persebaran aerosol dengan beberapa faktor pengaruh aspek meteorologi dan penggunaan lahan didapatkan terjadinya kenaikan kualitas udara pada beberapa wilayah, dimana pada bulan September wilayah tersebut mengalami penurunan kualitas udara. Kenaikan kualitas udara pada bulan Oktober dapat dilihat dengan kenaikan jumlah luas persebaran AOD dengan klasifikasi sangat tinggi dari 28,6 km² menjadi 41,8 km². Sedangkan dari gambar 4.2. didapatkan persebaran aerosol sesuai dengan pola angin mooson barat dan pola angin harian yang bergerak dari arah barat ke timur, sehingga wilayah utara memiliki persebaran AOD yang lebih kecil dan persebaran AOD

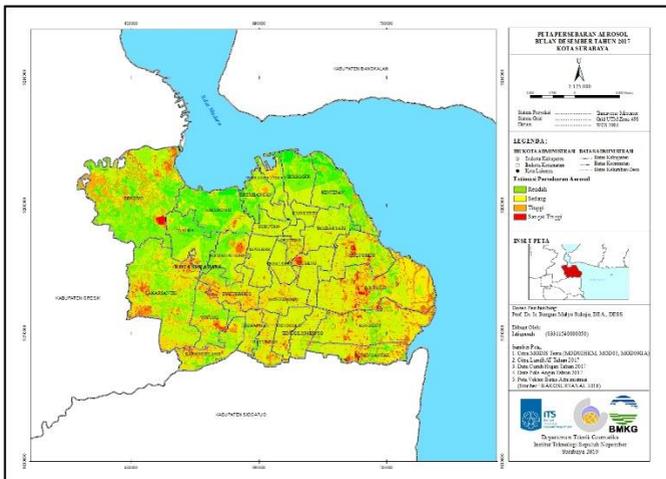
cenderung lebih banyak kearah timur. Persebaran AOD pada bulan Oktober masih termasuk dalam klasifikasi sedang dimana terlihat hampir seluruh kecamatan memiliki nilai AOD yang sedang sehingga pada bulan Oktober dapat dikatakan bahwa kualitas udara pada bulan Oktober dapat dikatakan masih baik, hal tersebut selain di picu oleh intensitas angin juga dipicu dengan intensitas curah hujan, dimana pada bulan Oktober terjadi curah hujan sebesar 2 mm/hari.



Gambar 4. 21. Peta Persebaran Aerosol Bulan Oktober 2017

Pada bulan November memiliki perubahan kualitas udara yang lebih baik dibandingkan pada bulan Oktober dengan nilai AOD tertinggi sebesar $0,681\mu\text{m}$ dan nilai terendah sebesar $0,096\mu\text{m}$ dengan nilai RMSE sebesar $0,055\mu\text{m}$. Terlihat perbandingan pada gambar 4.22. dan 4.32. persebaran AOD menurun dan menyebabkan beberapa Kecamatan mengalami kenaikan kualitas udara, seperti pada Kecamatan Sukolilo yang sebelumnya

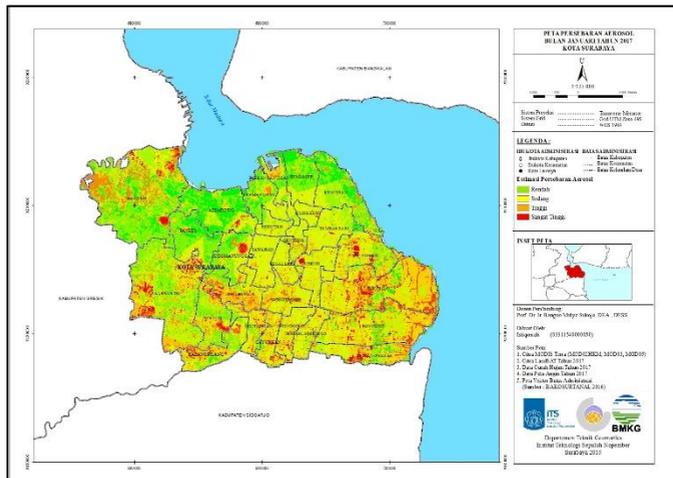
sebesar 25 mm/hari dengan perubahan luas wilayah dalam kategori persebaran AOD rendah berubah luasnya dari 98 km² menjadi 127,9 km². Ketidaksiain kenaikan AOD tersebut akibat dari penurunan arah kecepatan angin maksimum dari 200 *degree* menjadi 125 *degree*. Berdasarkan pengaruh angin mooson barat dan harian, AOD akan bergerak menuju arah selatan dan cenderung pada wilayah tenggara memiliki persebaran AOD yang lebih banyak dibandingkan wilayah lainnya. Kecamatan Sukolilo, Rungkut cenderung tinggi sehingga kualitas udara pada kecamatan tersebut lebih buruk dibandingkan yang lainnya sebagai akibat tingginya penggunaan lahan yang tinggi dan arah pola angin



Gambar 4. 23. Peta Persebaran Aerosol Bulan Desember 2017

Pada bulan Januari mengalami kenaikan persebaran AOD, meskipun pada bulan ini mengalami kenaikan intensitas curah hujan menjadi 25 mm/hari, namun karena terjadinya penurunan kecepatan pola angin

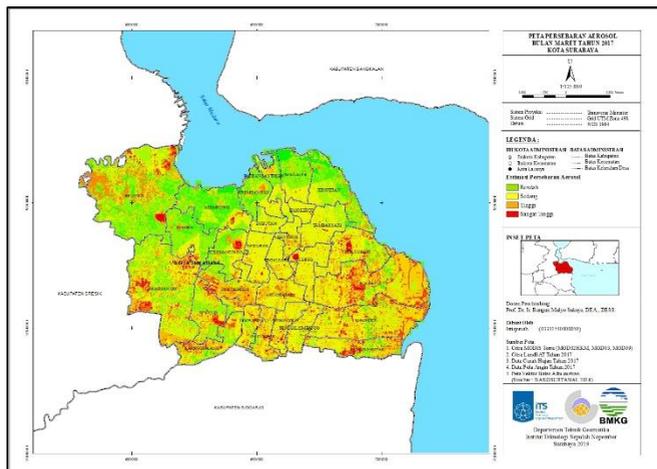
(lampiran 6) menyebabkan aerosol membutuhkan waktu lama untuk berpindah. Meskipun kenaikan yang terjadi tidak signifikan namun beberapa Kecamatan mengalami penurunan kualitas udara seperti pada Kecamatan Wiyung, Karang Pilang, Rungkut, Benowo serta Simokerto.



Gambar 4. 24. Peta Persebaran Aerosol Bulan Januari 2017

Pada bulan Januari ke Februari terjadinya kenaikan AOD dan luas area persebaran AOD pada kategori rendah menurun, sedangkan luas persebaran AOD dalam kategori sedang mengalami kenaikan menjadi 197,98 km² dipengaruhi oleh menurunnya intensitas curah hujan yang hanya sebesar 16 mm/hari dan disebabkan juga nilai tekanan angin yang lebih kecil sehingga besar intensitas angin yang kecil membuat aerosol membutuhkan waktu yang lama untuk penghilangan dan perpindahan. Sedangkan persebaran aerosol yang tinggi relatif cenderung berada pada wilayah tengah dari kota Surabaya

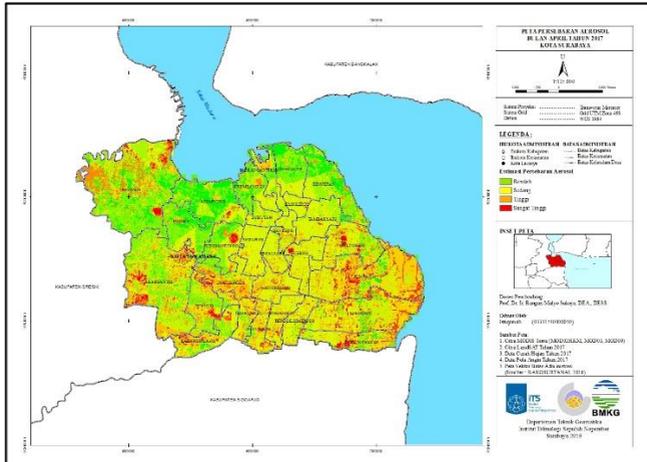
persebaran aerosol dengan klasifikasi sedang mengalami kenaikan menjadi 182 km² dibandingkan dengan pada bulan Februari akibat penurunan intensitas intensitas pola angin curah hujan yang masuk kedalam kategori tinggi yaitu sebesar 19 mm/hari, sedangkan luas persebaran aerosol terendah mengalami penurunan menjadi sebesar 82 km² dengan wilayah persebaran terendah pada Kecamatan Asemworo, Semampir dan Tandes. Perubahan persebaran akibat penurunan intensitas pola angin sehingga aerosol pada pusat kota membutuhkan waktu lebih lama untuk melakukan perpindahan



Gambar 4. 26. Peta Persebaran Aerosol Bulan Maret 2017

Pada bulan April dapat dilihat pada gambar 4.27 mengalami kenaikan persebaran AOD selisih 0,384µm dibandingkan pada bulan sebelumnya. Sedangkan area yang memiliki persebaran AOD paling tinggi pada Kecamatan Wonocolo dengan *range* nilai persebaran maksimum antara 1,052µm hingga 1,566µm. Persebaran

AOD mengalami kenaikan dengan selisih $0,384\mu\text{m}$ dibandingkan pada bulan Maret dengan kecamatan yang mengalami perubahan persebaran AOD adalah Kecamatan Benowo akibat dari pengaruh dari pola angin harian. Sedangkan arah dari persebaran AOD sesuai dengan pengaruh angin mooson barat yang bergerak dari Benua Asia ke Australia. Sedangkan wilayah Kecamatan Benowo mengalam perubahan persebaran nilai AOD yang signifikan akibat dari pengaruh dari pola angin harian. Pada bulan April termasuk pada persebaran tertinggi pada musim penghujan, selain akibat menurunnya intensitas hujan yang hanya sebesar 14 mm/hari juga disebabkan intensitas angin sedang yaitu 1knot dan suhu maksimum yang rendah sehingga AOD membutuhkan waktu yang lama untuk hilang atau berpindah.



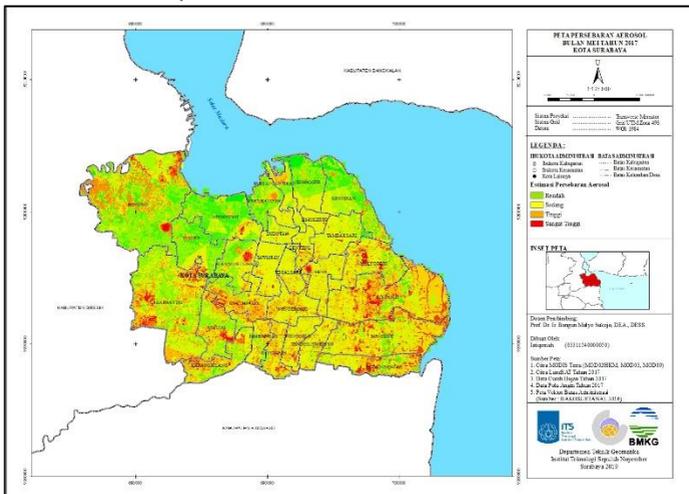
Gambar 4. 27. Peta Persebaran Aerosol Bulan April 2017

4.7.2. Persebaran Aerosol Musim Kemarau

Musim kemarau sangat mempengaruhi persebaran AOD (*Aerosol Optical Depth*), dimana musim kemarau dipengaruhi oleh angin mooson timur (*lampiran 8*) yang mengandung sedikit uap air, sehingga memperlambat hilangnya persebaran aerosol pada bulan Mei hingga September dan menyebabkan AOD pada musim kemarau akan lebih tinggi dibandingkan dengan musim penghujan. Selain itu, baik akibat dari pengaruh angin harian (*lampiran 7*) dan pola angin mooson berdampak pada persebaran aerosol yang cenderung mengarah dari selatan ke arah utara, sehingga kualitas udara akibat dari aerosol pada wilayah utara Kota Surabaya cenderung lebih buruk dibandingkan wilayah selatan, namun untuk wilayah pesisir pantai atau kota memiliki persebaran AOD yang rendah akibat kecepatan angin pada daerah pesisir lebih cepat dibandingkan pada pusat kota.

Pada bulan Mei terjadinya perubahan kenaikan kualitas udara akibat persebaran aerosol yang turun. Didapatkan persebaran AOD dengan kategori sangat tinggi mengalami penurunan luas area menjadi 56 km² dengan persebaran aerosol tertinggi pada Kecamatan Sukolilo, Gunung Anyar dan Rungkut. Luas area persebaran aerosol dengan kategori rendah sebesar 99,3 km² dengan persebaran yang merata dan terutama persebaran terendah terjadi pada Kecamatan Tandés dan Asemworo serta tepi pantai. Dari hasil tersebut dapat dilihat pada bulan Mei, kecamatan yang ada pada Kota Surabaya yang memiliki kualitas udara terburuk adalah wilayah yang memiliki persebaran aerosol tertinggi sedangkan kualitas udara terbaik pada daerah yang memiliki persebaran aerosol terendah. Pada bulan Mei

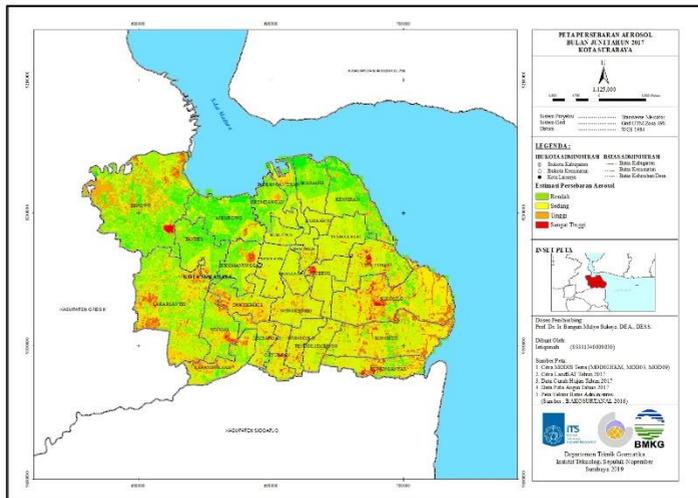
memiliki persebaran yang relatif masih rendah karena masih memiliki curah hujan yang sedang yaitu sebesar 7,0mm/hari dan menyebabkan persebaran aerosol cukup rendah akibat adanya pencucian aerosol. Sedangkan dari hasil ketelitian dalam penggunaan algoritma, hasil pengolahan pada bulan Mei memiliki tingkat RMSE sebesar $0,053\mu\text{m}$



Gambar 4. 28. Persebaran Aerosol Bulan Mei 2017

Pada bulan Juni memiliki intensitas curah hujan sebesar 8,0 mm/hari dengan nilai AOD terendah $0,738\mu\text{m}$ dan tertinggi $1,513\mu\text{m}$ pada Kecamatan Lakarsantri. Hal tersebut didorong dengan pola angin yang terjadi dan akibat penggunaan lahan pada daerah Kecamatan Lakarsantri terbilang cukup tinggi. Sedangkan area yang memiliki persebaran aerosol rendah adalah wilayah Kenjeran karena rendahnya jumlah kendaraan dan tergolong area yang masih memiliki penggunaan lahan yang rendah. Selain itu banyaknya penggunaan lahan sebagai tambak dan tempat wisata

sehingga persebaran aerosol sangat mudah berpindah terbawa oleh angin. Pada hasil gambar 4.29 didapatkan persebaran AOD kategori sedang memiliki luas area terbesar 184,9 km² dengan persebaran AOD yang merata. Persebaran AOD dengan kategori sedang pada bulan Juni berada pada Kecamatan Rungkut dan Gunung Anyar.

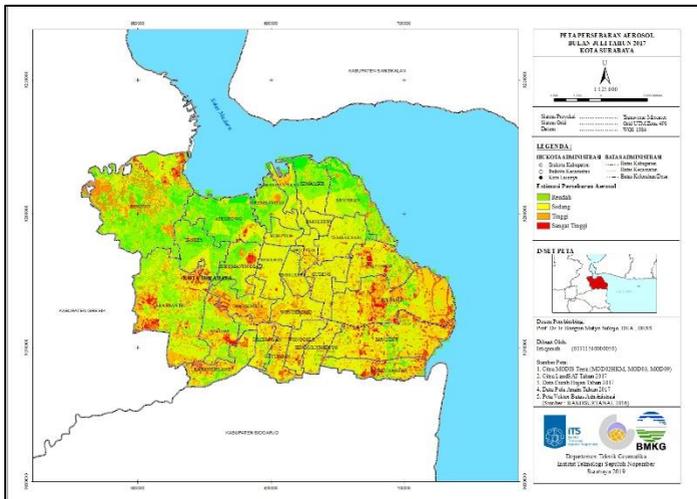


Gambar 4. 29. Peta Persebaran Aerosol Bulan Juni 2017

Persebaran aerosol pada bulan Juli cenderung pada wilayah selatan Surabaya dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai AOD akan tinggi pada wilayah yang berada di daerah yang dekat dengan penggunaan lahan yang lain dibandingkan berada di tepi pantai. Dari gambar 4.30 pengaruh angin harian tidak memiliki dampak terhadap persebaran AOD namun pengaruh persebaran disebabkan oleh pergerakan pola angin mooson timur yang bergerak dari arah Asia ke Australia. Dari hasil pengolahan gambar 4.30. didapatkan bahwa penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh AOD paling tinggi pada wilayah yang

berada di sisi selatan Kota Surabaya meskipun wilayah tersebut memiliki tingkat lahan kosong yang ditinggi masih diperlukan adanya penampahan area vegetasi atau hutan untuk mengurangi adanya persebaran AOD.

Pada bulan Juli memiliki persebaran yang relative masih rendah hal karena pada bulan Juli masih sering terjadinya hujan sebesar 2,0 mm/hari. Hal tersebut yang menyebabkan persebaran aerosol cukup tinggi karena kurang adanya pencucian aerosol oleh air hujan.



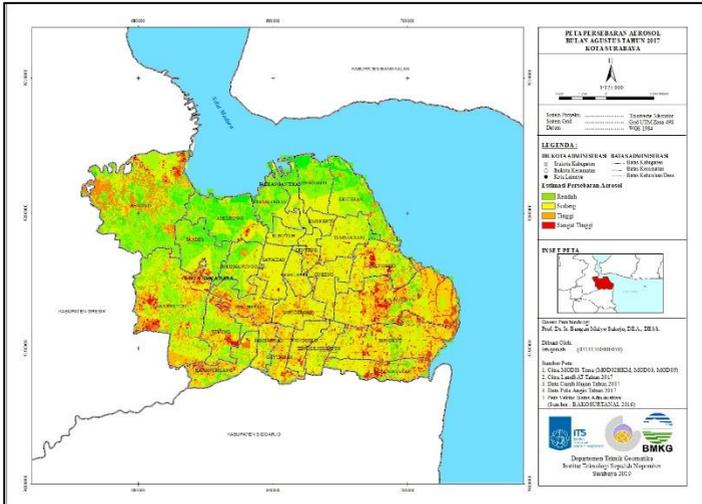
Gambar 4. 30. Peta Persebaran Aerosol Bulan Juli 2017

Persebaran tertinggi pada bulan Agustus terjadi berada pada pusat Kota Surabaya dan condong ke arah utara, hal tersebut karena pada bulan September berlakunya angin mooson timur. Sedangkan persebaran aerosol yang kecil berada pada tepi pantai dikarenakan pada area tepi pantai. Dari hasil pengolahan bulan Agustus didapatkan bahwa terjadinya penurunan kualitas udara pada beberapa wilayah yang sebelumnya pada bulan Agustus tidak mengalami

persebaran aerosol yang tinggi seperti pada wilayah Kecamatan Sukomunggal, Sawahan dan sebagainya.

Pada bulan Agustus 2017 didapatkan hasil penampalan persebaran aerosol dengan aspek meteorologi dan penggunaan lahan dengan presentase terendah 0 – 50% kategori rendah memiliki luas 87,3 km² berada pada sisi utara Kota Surabaya, sedangkan persebaran aerosol dengan kategori sedang terjadi merata pada pusat kota memiliki luas 176 km². Luas area persebaran AOD kategori sedang terjadi merata pada pusat kota dengan luas 176 km² sedangkan kategori tinggi memiliki luas 2,8 km² dan luas persebaran AOD kategori sangat tinggi condong pada sisi selatan arah Surabaya dengan luas sebesar 90km². Hal tersebut dikarenakan berada pada perbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo, dimana Kabupaten Sidoarjo juga memiliki penggunaan lahan yang cukup padat. Selain pengaruh dari pola angin juga dipengaruhi oleh curah hujan. Dari hasil penampalan didapatkan terdapatnya penurunan kualitas udara pada area yang memiliki persebaran aerosol yang tinggi, terutama penurunan kualitas udara pada Kecamatan Laksaantri, Dukuhpakis, Sukolilo dan Rungkut.

Pada bulan Agustus memiliki persebaran yang relative masih tinggi hal karena pada bulan Agustus jarang terjadinya. Pada bulan Agustus tidak adanya data perekaman curah hujan sehingga tidak dapat dilakukan uji korelasi dan analisa terhadap aspek meteorologi yaitu curah hujan.



Gambar 4. 31. Peta Persebaran Aerosol Bulan Agustus 2017

Pada bulan September 2017 didapatkan hasil penampalan Pada bulan September didapatkan nilai AOD tertinggi sebesar $0,835\mu\text{m}$ dan AOD terendah sebesar $0,155\mu\text{m}$ dengan area yang memiliki persebaran aerosol yang tinggi hampir secara merata di area pusat Kota Surabaya, sedangkan dalam tingkat ketelitian memiliki nilai RMSE sebesar $0,037\mu\text{m}$. Pada bulan September 2017 didapatkan hasil persebaran aerosol dengan kategori rendah berada pada sisi utara Kota Surabaya dengan luas persebaran 80 km^2 , sedangkan persebaran aerosol kategori sedang memiliki luas 182 km^2 dan berada menyebar di pusat Kota Surabaya. Persebaran AOD dengan presentase sangat tinggi yaitu memiliki luas $56,89\text{ km}^2$ dan condong pada sisi utara arah Surabaya. Persebaran AOD yang tinggi berada pada sisi selatan disebabkan wilayah yang berbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo, dimana Kabupaten Sidoarjo juga memiliki penggunaan lahan yang cukup padat. Dari hasil penampalan didapatkan terdapatnya penurunan kualitas

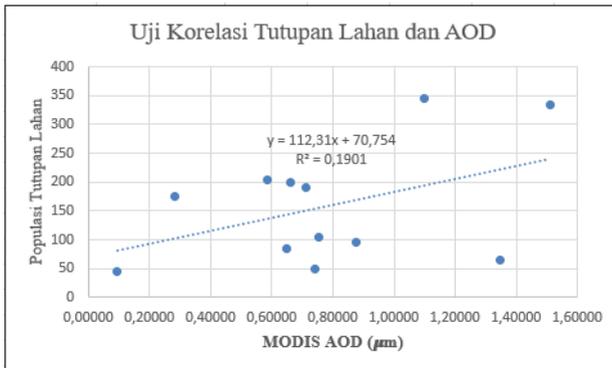
classification) dilakukan uji korelasi untuk mengetahui pengaruh penggunaan lahan terhadap persebaran aerosol.

Uji korelasi dilakukan dengan cara mengambil luas area dari hasil klasifikasi (tabel 4.8), kemudian diuji pada luas area dari nilai persebaran AOD dengan luas area persebaran AOD kategori sangat tinggi (*lampiran 9*).

Tabel 4. 8. Luas Area Hasil Klasifikasi

Jenis Penggunaan Lahan	Luas Area (m ²)
Pemukiman	142,444
Industri	78,204
Sawah dan Ladang	16,037
Lahan Kosong	32,854
Vegetasi	51,164
Badan Air	29,797

Dari hasil uji korelasi didapatkan hasil seperti pada gambar 4.32.



Gambar 4. 33. Uji Korelasi AOD dengan Penggunaan Lahan

Dari grafik gambar 4.32. diperoleh bahwa pengaruh tutupan lahan dengan persebaran aerosol masuk kedalam

kategori sedang dan dapat ditandai dengan nilai sebesar 0,436 dan hasil determinan (R^2) sebesar 0,190. Berdasarkan dengan hasil uji korelasi didapatkan kesimpulan bahwa pengaruh penggunaan lahan yang tinggi akan menyebabkan persebaran AOD pada wilayah tersebut juga tinggi (Billal 2003). Sehingga untuk tutupan lahan harus diperhatikan karena akan menjadi pertimbangan dalam persebaran AOD. Dimana persebaran AOD sangat mempengaruhi kualitas udara disekitarnya, sehingga jika persebaran AOD tinggi maka nilai dari kualitas udara turun serta area tersebut tidak cocok untuk digunakan suatu pemukiman.

4.9 Uji Korelasi AOD dengan Pola Angin

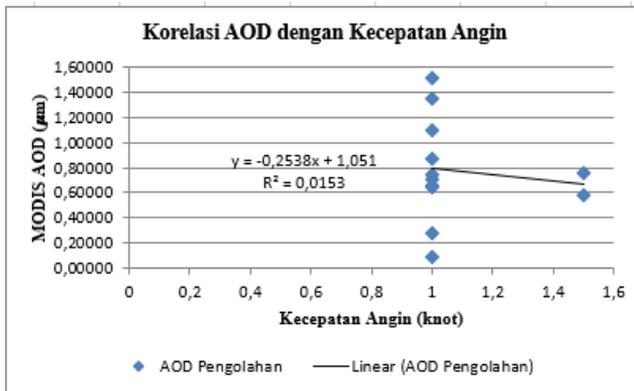
Aerosol sangat mudah berpindah akibat pengaruh aliran angin. Dari data nilai pola angin dilakukan uji korelasi antara nilai rata-rata kecepatan pola angin dengan tingkat persebaran aerosol sesuai dengan titik stasiun pengamatan.

Tabel 4. 9. Kecepatan Pola Angin

Bulan	Rata-rata Kecepatan (knot)	Arah Angin Kecepatan Maksimum (knot)	Arah Angin
Januari	1	45	NE - SW
Februari	1,5	105	E - W
Maret	1	190	E - W
April	1	345	S - N
Mei	1	335	EW
Juni	1	65	W - E
Juli	1	95	NE - SE
Agustus	1	85	S - N
September	1	50	NW – SE
Oktober	1,5	205	SW – NE

Lanjutan Tabel 4.9.

Bulan	Rata-rata Kecepatan (knot)	Arah Angin Kecepatan Maksimum (knot)	Arah Angin
November	1	200	SE – NW
Desember	1	175	N – S



Gambar 4. 34. Uji Korelasi AOD Dengan Arah Kecepatan Angin

Dari gambar 4.33. dan tabel 4.9 diperoleh bahwa pengaruh korelasi antara pola angin dengan persebaran aerosol sebesar determinan (R^2) 0,015µm dan nilai korelasi sebesar 0,123µm dengan kategori hubungan sangat lemah dan tidak terlalu diperhatikan.

Secara faktual pola angin tetap diperhatikan dalam arah persebarannya dan dapat dibuktikan bahwa pola persebaran AOD mengikuti dengan pola angin (*lampiran 13*). Perbedaan uji korelasi yang rendah diakibatkan adanya perbedaan waktu perekaman pada data yang digunakan, sehingga untuk meningkatkan nilai uji

akurasi dibutuhkan data dengan waktu yang sama dari *base data* MODIS yang digunakan.

4.10 Uji Korelasi AOD dengan Curah Hujan

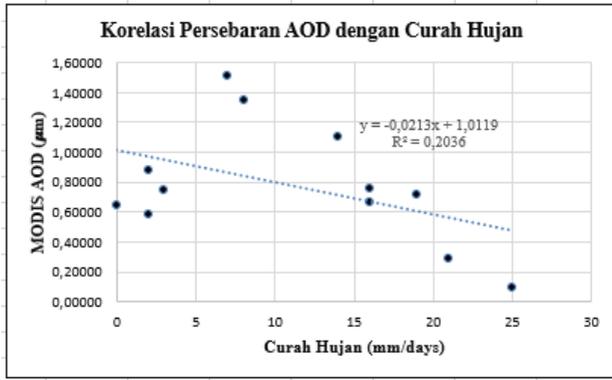
Curah hujan dapat menghilangkan polutan (CO_2 , debu, partikel aerosol) yang ada di atmosfer sebelum proses dispersi. Polutan tercuci di udara melalui dua cara yaitu polutan terkondensasi yang terbentuk sebagai air hujan dan polutan yang akan langsung tercuci oleh air hujan untuk kemudian diendapkan di permukaan (Wang 1999).

Dari hasil uji korelasi ini menggunakan titik yang sama pada stasiun pengamatan curah hujan untuk 7 stasiun pengamatan kerjasama dengan BMKG Juanda dan diolah oleh BMKG Karangploso Malang.

Tabel 4. 10. Uji Korelasi Curah Hujan dengan AOD

Bulan	Curah Hujan (mm/hari)	AOD (μm)
Januari	25	0,09485
Februari	16	0,75566
Maret	19	0,71281
April	14	1,09738
Mei	7	1,51056
Juni	8	1,34811
Juli	2	0,87517
Agustus	0	0,64780
September	3	0,74149
Oktober	2	0,58500
November	16	0,66208
Desember	21	0,28200
Uji Pearson		0,451172
Determinan (R^2)		0,203556

Uji korelasi yang dilakukan menghasilkan grafik seperti pada gambar 4.34.



Gambar 4. 35. Uji Korelasi AOD dengan Curah Hujan

Pada gambar 4.34. diketahui bahwa didapatkan persamaan regresi linier berganda dengan suatu model matematis yang terbentuk yaitu $y = 0,02123x + 1,0119$. Berdasarkan model tersebut, maka diketahui bahwa setiap pertambahan nilai curah hujan pengamatan stasiun pos hujan akan diikuti juga penurunan persebaran AOD sebesar $0,0022\mu\text{m}$ dengan nilai koefisien determinansi (R^2) sebesar $0,2927$ dan hubungan korelasi sedang sebesar $0,545$. Sehingga dalam analisa persebaran AOD sangat memperhatikan intensitas curah hujan, dimana jika intensitas curah hujan tinggi akan menyebabkan AOD rendah serta dapat mempengaruhi kenaikan kualitas udara, begitu juga sebaliknya. Namun, jika hasil pengolahan AOD pada saat musim hujan lebih tinggi dibandingkan musim kemarau, maka terjadinya kesalahan dalam pengolahan atau terjadinya anomali kondisi persebaran AOD sebagai akibat dari faktor yang menyebabkan tingginya nilai aerosol.

4.11 Uji Korelasi Persebaran Aerosol dan SPM

Suspended Particulate Matter (SPM) PM10 merupakan campuran dari debu, dimana PM10 (*Particulate Matter* 10) berarti partikular dengan jari-jari kurang dari 10 μ m (Onat, Sahin, dan Akyuz 2013).

Nilai perhitungan uji akurasi SPM dengan persebaran AOD dilakukan dengan mengambil titik sampel yang sama untuk stasiun perekaman SPM dengan hasil pengolahan AOD sehingga didapatkan perbandingan nilai AOD dengan nilai SPM seperti pada tabel 4.11.

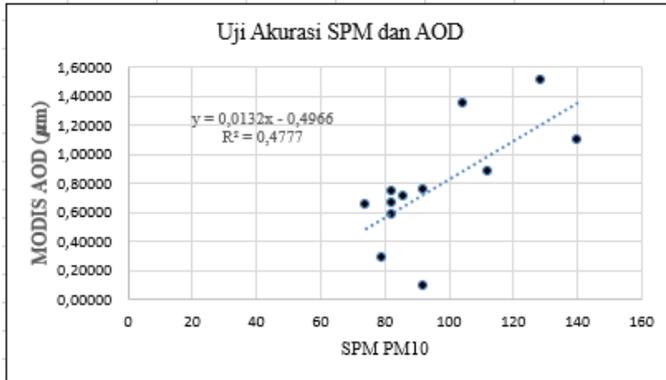
Tabel 4. 11. Perbandingan Nilai SPM dan AOD

SPM	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
92,14	0,09485	0,719648	0,62480	0,39037
91,94	0,75566	0,717008	-0,03866	0,00149
85,94	0,71281	0,637808	-0,07500	0,00562
140,05	1,09738	1,35206	0,25468	0,06486
128,55	1,51056	1,20026	-0,31030	0,09628
104,15	1,34811	0,87818	-0,46993	0,22084
111,85	0,87517	0,97982	0,10465	0,01095
73,94	0,64780	0,479408	-0,16840	0,02836
82,34	0,74149	0,590288	-0,15120	0,02286
81,94	0,58500	0,585008	0,00001	0,00000
81,94	0,66208	0,585008	-0,07708	0,00594
79,24	0,28200	0,549368	0,26737	0,07149
RMSE				0,07659

Tabel 4. 12. Uji Akurasi SPM dan Aerosol

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,691179
R Square	0,477728
Adjusted R Square	0,425501
Standard Error	15,83205
Observations	12

Uji korelasi AOD dan SPM dilakukan untuk mengetahui apakah nilai AOD dan SPM berbanding lurus atau cenderung acak.



Gambar 4. 36. Uji Akurasi SPM dan AOD

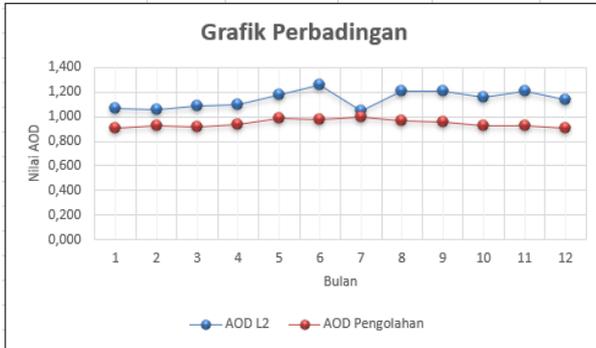
Meskipun data SPM merupakan hasil dari data rata-rata perekaman pada satu bulan, namun hasil dari data SPM tidak memiliki perbedaan signifikan dalam kenaikan dan penurunan dari hasil yang didapatkan (tabel 4.11). Sehingga data SPM dapat dijadikan sebagai validasi dari indeks pengukuran tingkat aerosol dengan parameter kualitas udara dan AOD (*Aerosol Optical Depth*) yang dimodelkan dengan hubungan korelasi dari kedua parameter tersebut, dimana AOD (*Aerosol Optical Depth*) diestimasi dan diambil nilainya yang dipengaruhi oleh medan dari persebaran AOD tersebut (Sapkota dkk 2005). Penggunaan uji validasi AOD dan SPM didukung dengan kesesuaian ketika AOD mengalami kenaikan maka nilai SPM PM10 yang terekam juga mengalami kenaikan dan kualitas udara akan mengalami penurunan, begitu juga sebaliknya serta nilai dari tingkat akurasi

yang masuk kedalam kategori sedang sebesar $0,425\mu\text{m}$ dengan nilai determinan (R^2) sebesar $0,477\mu\text{m}$ (tabel 4.12 dan gambar 4.35.). Dari tabel 4.11. dapat dilihat beberapa bulan terjadinya perbedaan kenaikan dan penurunan data yang terekam, hal tersebut karena adanya perbedaan waktu data yang digunakan, dimana AOD mengukur secara harian sedangkan nilai SPM yang didapat nilai rata-rata bulanan. Dari hasil uji akurasi tersebut dapat dijadikan sebuah pertimbangan terhadap penggunaan algoritma SARA untuk wilayah Indonesia yang belum mempunyai AERONET (*Aerosol Robotic Network* yang digunakan untuk memantau aerosol pada suatu wilayah).

4.12 Uji Akurasi Pengolahan Persebaran Aerosol dengan Persebaran Aerosol pada MODIS L2

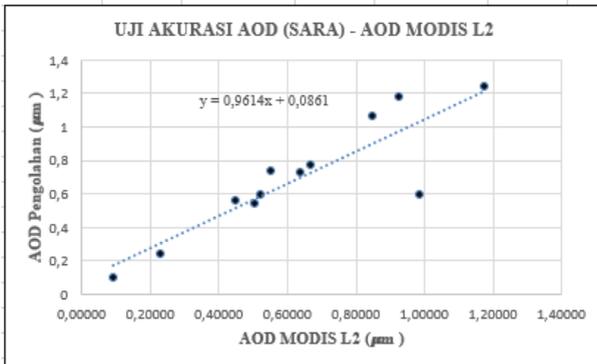
NASA mengeluarkan data aerosol pada tahun 2012. Produk aerosol yang direkam oleh NASA berfungsi untuk memonitoring AOD lautan secara global dan di seluruh benua dan diproduksi pada resolusi spasial dari 10×10 km (pada nadir). Sedangkan produk monitoring aerosol daratan masih dalam pengembangan dengan menggunakan algoritma "*deep blue aerosol global*". Pada produk aerosol yang dihasilkan tidak semua area terekam dan hanya merekam aerosol pada daratan yang memiliki area *clear* atau bebas dari gangguan seperti *haze* maupun awan.

Untuk melakukan uji akurasi dengan menggunakan MODIS Level 2 digunakan data yang memiliki waktu perekaman yang sama dan memiliki area yang memiliki gangguan *haze* atau awan yang kecil.



Gambar 4. 37. Grafik Perbandingan AOD

Dari hasil perbandingan gambar 4.36. didapatkan perbandingan akibat perbedaan algoritma yang digunakan.



Gambar 4. 38. Uji Pearson AOD dengan AOD MODIS L2

Dari hasil uji korelasi didapatkan nilai persamaan regresi linier berganda dengan suatu model matematis yang terbentuk yaitu $y = 0,1674x + 0,7534$. Berdasarkan model tersebut maka dapat diketahui bahwa setiap pertambahan nilai AOD citra MODIS Level 2 akan diikuti

pula penambahan nilai AOD MODIS perhitungan dengan algoritma SARA sebesar $0,1674\mu\text{m}$. dengan nilai koefisien determinansi (R^2) yang menyatakan *goodness of fit* dari persamaan regresi sebesar 0,956 ($R = 97\%$).

Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan uji akurasi regresi didapatkan hasil seperti pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13. Uji Akurasi Produk Modis L2 dan Aerosol

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,978203156
R Square	0,956881415
Adjusted R Square	0,865972324
Standard Error	0,15198615
Observations	12

Pada tabel 4.13. didapatkan bahwa nilai korelasi (*Multiple R*) sebesar 0,97 dengan demikian hubungan antar variable hasil pengolahan dengan produk level 2 secara umum sebesar 97% namun nilai tersebut masih mengalami kurang keakuratan karena pengaruh berbagai faktor yang mungkin menyebabkan kesalahan perhitungan, sedangkan pada *R Square* memiliki tingkat akurasi dari perhitungan sebesar 0,956 (95%) dimana nilai tersebut mengalami penurunan tingkat akurasi dibandingkan dengan *Multiple R* karena terdapat penyesesuaian dari model perhitungan. Sedangkan nilai yang digunakan dalam perhitungan tingkat akurasi yang paling akurat adalah nilai *Adjusted R Square* sebesar 0,865 (86%) karena telah adanya penyesesuaian yang lebih akurat dari model uji akurasi yang diperoleh. Sehingga nilai akurasi dari perhitungan algoritma SARA (*Simplified high resolution MODIS Retrieval Algorithm*) dibandingkan dengan produk level 2

(dengan algoritma *Deep Blue Aerosol Global*) memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 86% dengan tingkat keeratan hubungan linier antara kedua variable tersebut sebesar 0,97 dari rentang nilai 0 – 1. Hal tersebut dipicu oleh pengambilan data dengan hasil citra yang *clear* awan maupun *haze*. Sedangkan dapat dilihat nilai dari standar error dari estimasi dari hasil perhitungan dengan produk level 2 memiliki nilai standar error sebesar 0,151 yang dibandingkan dengan angka standar deviasi sebesar 0,322 dari variabel dengan model regresi menghasilkan nilai yang lebih kecil, sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil dari pengolahan persebaran aerosol menggunakan algoritma SARA memiliki nilai ketepatan yang tinggi dengan produk level 2.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan uji korelasi didapatkan nilai yang cenderung naik ketika terjadinya musim hujan dari bulan Januari, Februari dan Agustus hingga Desember sebesar 0,1414 μm , 0,7780 μm , 0,906 μm , 0,8351 μm , 0,6518 μm , 0,6819 μm dan 0,4919 μm . Sedangkan pada bulan Maret hingga Juli memiliki persebaran yang cukup tinggi dengan nilai tertinggi sebesar 1,3567 μm , 1,5662 μm , 1,7947 μm , 1,5130 μm , 0,9961 μm . Uji validasi menunjukkan hasil tingkat akurasi antara AOD dan MODIS Level 2 sebesar 86% pada 0,55 μm dengan nilai RMSE sebesar 0,091 piksel, sehingga dapat dinyatakan bahwa hasil dari pengolahan persebaran aerosol menggunakan algoritma SARA memiliki nilai ketepatan yang tinggi dengan produk level 2. Berdasarkan hasil uji korelasi dengan SPM memiliki nilai RMSE sebesar 0,076, dimana data SPM dapat digunakan untuk uji akurasi terhadap data MODIS menggunakan algoritma SARA untuk monitoring kualitas udara dengan memperhitungkan kondisi dari wilayah penelitian seperti penggunaan lahan.
2. Pemetaan persebaran aerosol terhadap pengaruh meteorologi (curah hujan dan angin) dan penggunaan lahan memiliki pengaruh yang cukup

signifikan. Dimana aerosol memiliki uji korelasi dari curah hujan sebesar 0,545, sedangkan pengaruh korelasi dari pola angin sebesar 0,1236 dan pengaruh korelasi penggunaan lahan sebesar 0,4360. Sedangkan dari hasil pemetaan dengan ketiga aspek tersebut didapatkan pada bulan Agustus mengalami persebaran AOD yang merata sehingga perlu dilakukan monitoring pada area-area dengan AOD tinggi.

3. Secara fisik untuk pendeteksian persebaran aerosol baik pada musim kemarau karena tidak terpengaruhi oleh angin dan hujan. Namun secara nilai baik pada musim hujan karena jika persebaran aerosol kecil maka kualitas udara yang ada meningkat

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada hasil penelitian ini antara lain:

- 1) Untuk memperoleh hasil luaran dengan akurasi yang tinggi gunakan citra MODIS yang *clear* atau bebas dari awan dan *haze* sehingga akan mempermudah dalam pengolahan.
- 2) Untuk hasil uji validasi yang baik gunakan uji akurasi dengan data AERONET yang ada.
- 3) Pada area yang memiliki persebaran aerosol yang tinggi sebaiknya perlu dilakukan monitoring secara intensif untuk mengurangi penurunan kualitas udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvaro Cáceres, Michael Hahn dan Eberhard Gülch. 2014. "Implementation of a MODIS Aerosol Algorithm for Air Pollution Detection". *Remote Sensing of Environment*, (October 2017), 146–150.
- Anderson, L. O. 2016. "Sensor Modis : Uma Abordagem Geral Sensor Modis ". *Incluye información de la SE Función Pública*, (January 2016), 58.
- Bagus, I Gusti, dan Rai Utama. 2016. *PPT Pembelajaran tentang Uji Korelasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Bilal, M., Nichol, J. E., Bleiweiss, M. P., dan Dubois, D. 2013. "A Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm (SARA) for Use Over Mixed Surfaces". *Remote Sensing of Environment*, (October 2017), 135–145.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 2011. *Kondisi Cuaca Ekstrem dan Iklim Tahun 2010 - 2011*. Jakarta. <URL: <http://data.bmkg.go.id/Share/Dokumen/press%20release%20kondisi%20cuaca%20ekstrem%20dan%20iklim%20tahun%202010-2011.pdf>>. Dikunjungi pada 15 Desember 2017.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Pertumbuhan Kendaraan Berdasarkan Jenisnya*. Surabaya: Badan Pusat Statistika Surabaya.
- Chu, D. A., Kaufman, Y. J., Ichoku, C., Remer, L. A., Tanré, D., dan Holben, B. N. 2002. "Validation of MODIS Aerosol Optical Depth Retrieval Over Land". *Geophysical Research Letters*, 29(12), 4–7.

- Church VA. 1983. *Manual of Remote Sensing*. New York-USA: American Society of Photogrammetry.
- Dewani, Noviana. 2017. *Distribusi Tipe Aerosol di Indonesia Bagian Barat Menggunakan Data MODIS-AQUA dan OMI-AURA*. Bandung: Program Studi Meteorologi-ITB.
- Dinas Lingkungan Hidup Jawa Timur. 2017. *Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.
- Fahlevi, Rizha. 2018. *Analisis Potensi Wilayah Tanah Longsor di Kawasan Lereng Gunung Wilis dengan Menggunakan Data Dem Terrasar-X*. Surabaya: Teknik Geomatika-ITS.
- Franz, B. A. 2008. "Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer on Terra: Limitations for Ocean Color Applications". *c*, 2(1), 023525.
- Gibbs W.J. 1987. *Deining Climate*. WMO Bulletin No.4 Vol.36. October 1987.
- Gupta, P., Khan, M. N., da Silva, A., dan Patadia, F. 2013. "MODIS Aerosol Optical Depth Observations Over Urban Areas in Pakistan: Quantity and Quality of the Data for Air Quality Monitoring". *Atmospheric Pollution Research*, 4(1), 43–52.
- Harrison, M. E., Page, S. E., dan Limin, S. H. 2009. "The Global Impact of Indonesian Forest Fires". *Journal Biologist*, 56(3), 156–163.
- Hasan, M. I. 2013. *Pokok-pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif) (Edisi Kedua)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- He, J., Zha, Y., Zhang, J., dan Gao, J. 2014. "Aerosol Indices Derived from MODIS Data for Indicating Aerosol-Induced Air Pollution". *Remote Sensing of Environment*, 6(2), 1587–1604.

- Hutchison, K. D. 2002. "The Retrieval of Cloud Base Heights from MODIS and Three-Dimensional Cloud Fields from NASA's EOS Aqua Mission". *International Journal of Remote Sensing*, 23(24), 5249–5265.
- Jaelani, L. M., Setiawan, F., & Matsushita, B. 2015. Uji Akurasi Produk Reflektan-Permukaan LandSat Menggunakan Data In situ di Danau Kasumigaura, Jepang. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) XX*, (Agustus), 9–16.
- Kathleen, Strabala. 2017. *MODIS Cloud Mask User's Guide*. <URL: https://modis-images.gsfc.nasa.gov/_docs/CMUSERSGUIDE.pdf . PDF file> dikunjungi pada tanggal 28 April 2019.
- Kaufman, Y. J., dan Tanré, D. 1998. "Algorithm for Remote Sensing of Tropospheric Aerosol from MODIS". *NASA MODIS Algorithm Theoretical*, 85.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. Laporan Kegiatan Pembangunan: Pertanggungjawaban dan Evaluasi Pembangunan Provinsi Jawa Timur. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kim, J., Lee, J., Lee, H. C., Higurashi, A., dan Takemura, T. 2007. "Consistency of the Aerosol Type Classification from Satellite Remote Sensing during the Atmospheric Brown Cloud – East Asia Regional Experiment Campaign, *International Journal of Remote Sensing*, 112, 1–12.
- Lakitan, Benyamin. 1994. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Levy, R. C., Mattoo, S., Munchak, L. A., Remer, L. A., Sayer, A. M., Patadia, F., dan Hsu, N. C. 2013. "The Collection

- 6 MODIS Aerosol Products Over Land and Ocean". *Atmospheric Measurement Techniques*, 6(11), 2989–3034.
- Lillisand, Thomas dan Ralph Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. United State of American : John Wiley and Sons.
- Mather, P. M. 2004. *Computer Processing of Remotely Sensed Data (An Introduction)*. Brisbane: John Wiley and Son.
- Mitas, L., dan H. Mitasova. 1999. "Spatial Interpolation". *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, Vol. 1*, 481-492.
- Mölders, N. 2013. Investigations on the Impact of Single Direct and Indirect, and Multiple Emission Control Measures on Cold Season Near Surface PM_{2.5} Concentrations in Fairbanks, Alaska". *Atmospheric Pollution Research*, 4(1), 87–100.
- Mulyono, D. (2014). Analisis Karakteristik Curah Hujan Di Wilayah Kabupaten Garut Selatan. *Jurnal Konstruksi*, 13(1), 1–9.
- NASA. 2019. *MODIS Aerosol Product (MOD04 Level 2)*. <URL:
https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/products/aerosol/MOD04_L2/>
Dikunjungi pada tanggal 26 April 2019.
- Noviana Dewani. 2012. *Thesis: Distribusi Tipe Aerosol Di Indonesia Bagian Barat Menggunakan Data Modis-Aqua Dan Omi-Aura*. Depok: Universitas Indonesia.
- Onat, B., Sahin, U. A., dan Akyuz, T. 2013. "Elemental Characterization of PM_{2.5} and PM₁ in Dense Traffic area

- in Istanbul, Turkey". *Atmospheric Pollution Research*, 4(1), 101–105.
- Péré, J. C., Bessagnet, B., Pont, V., Mallet, M., dan Minvielle, F. 2015. "Influence of the Aerosol Solar Extinction on Photochemistry during the 2010 Russian Wildfires Episode". *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(19), 10983–10998.
- Pudjadi, E., Wahyudi, Warsona, A., & Syarbaini. 2016. "Measurement of Indoor Radon-Thoron Concentration in Dwellings of Bali Island, Indonesia". *2nd International Conference on the Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation (SERIR2) dan 14th Biennial Conference of the South Pacific Environmental Radioactivity Association*, (September 2016), 186–192.
- Rahmawati, Farida. 1999. *Kualitas Udara di DKI Jakarta Tahun 1997*. Depok: Jurusan Geografi. FMIPA Universitas Indonesia.
- Ramadhan, Fendra D. 2018. *Analisis Pola Curah Hujan Pada Kondisi Cuaca Ekstrem Bulan Oktober hingga Desember 2017 melalui Citra Modis Level 1B di Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Teknik Geomatika-ITS.
- Remer, L. A., Kleidman, R. G., Levy, R. C., Kaufman, Y. J., Tanré, D., Mattoo, S., dan Holben, B. N. 2008. "Global Aerosol Climatology from the MODIS Satellite Sensors". *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 113(14), 1–18.
- Rosida, dan Susanti, I. 2016. "Pengaruh Aerosol terhadap Fluks Radiasi Neto dan Berdasar Data Satelit (the Influence of Aerosol on the Net Radiation Flux and Radiative Forcing

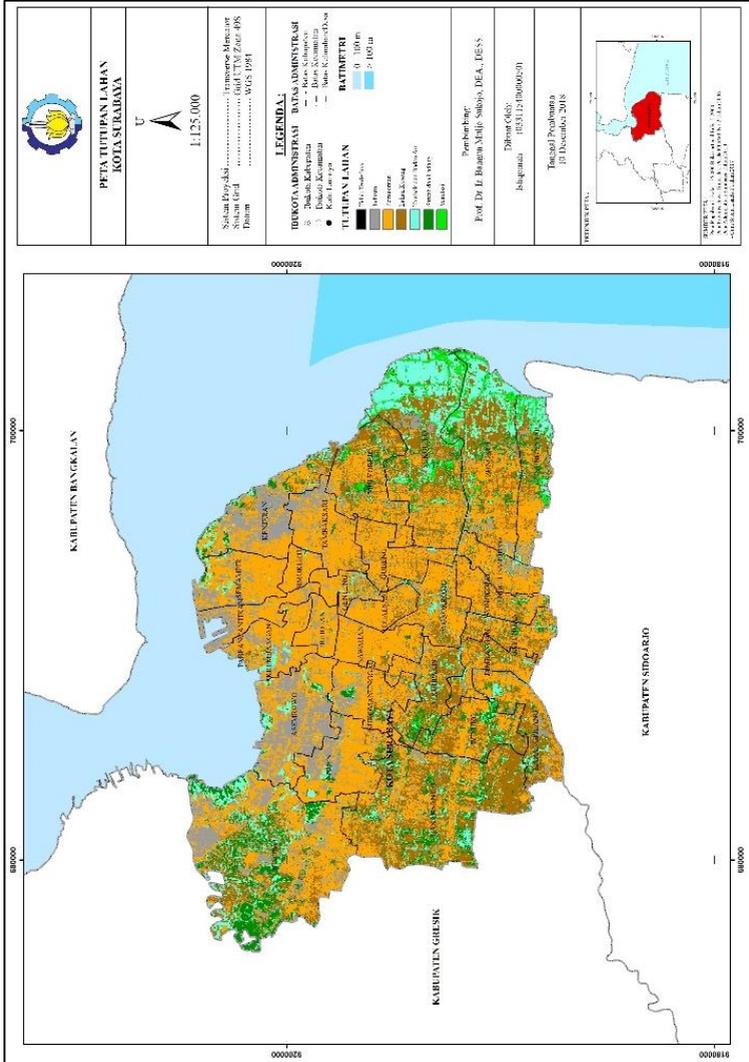
- At the Top of Atmosphere and Surface Based on Satellite Data)". *Jurnal Sains Dirgantara*, 14(1), 27–42.
- Rossita. 2017. "Persebaran Aerosol Menggunakan MODIS Aqua dengan Metode AOD (Studi Kasus: Surabaya)". *Seminar Kesehatan Lingkungan* (2017). 11-13.
- Rumondang, D. 2011. Penurunan Nilai Albedo dan Suhu Permukaan dari Data MODIS Terra L1B untuk Klasifikasi Awan. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sapkota, A., Symons, J. M., Kleissl, J. A. N., Wang, L. U., Parlange, M. B., Ondov, J., dan Diette, G. B. 2005. "Impact of the 2002 Canadian Forest Fires on Particulate Matter Air Quality in Baltimore City". *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 39(1), 24–32.
- Seinfeld, J. H., Bretherton, C., Carslaw, K. S., Coe, H., DeMott, P. J., Dunlea, E. J., dan Wood, R. 2016. "Improving our fundamental understanding of the role of aerosol–cloud interactions in the climate system". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(21), 5781–5790.
- Sukojo, Bangun M. 2012. *Penginderaan Jauh (Dasar Teori dan Terapan)*. Surabaya: ITS Press.
- Takemura, T., Okamoto, H., Maruyama, Y., Numaguti, A., Higurashi, A., dan Nakajima, T. 2000. "Global Three-Dimensional Simulation of Aerosol Optical Thickness Distribution of Various Origins, *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 105, 12-17.
- Usman, Husaini, dan Akbar R. P. Setiadi. 2000. *Pengantar Statistika*. Jakarta: Bumi Nusantara.
- E. F. Vermote, J. Roger, dan J. Ray. 2015. *MODIS Reflectance User's Guide*. <URL: <http://modis-sr.ltdri.org> > di kunjungi pada 28 April 2018.

- Wang, C., Liu, Q., Ying, N., Wang, X., dan Ma, J. 2013. "Air Quality Evaluation on an Urban Scale Based on MODIS Satellite Images". *Atmospheric Pollution Research*, 132–133(October 2013),
- Wang, Zhenming. 1999. *MODIS Land Surface Temperature Algorithm ATBD version 3.3*. Institute for Computational Earth System Science. Santa Barbara, CA: University of California.
- Wen, X., Liu, L., Dong, X., & Dai, Q. 2008. A new prompt algorithm for removing Bowtie effect of MODIS L1B data. Proceedings - 1st International Congress on Image and Signal Processing, CISP 2008, 4, 663–667.
- Xiong, J., Toller, G., Chiang, V., Sun, J., Esposito, J., & Barnes, W. 2013. MODIS Level 1B Algorithm Theoretical Basis Document.<URL:http://mcst.gsfc.nasa.gov/sites/mcst.gsfc/files/file_attachments/MODIS_L1B_ATBD_ver4.pdf>. Dikunjungi pada 15 Desember 2017.
- Yusad, Yusniwati. 2002. "Polusi Udara Di Kota-kota Besar Dunia". *Seminar*, (2003), 1–7.
- Zhang, M., Wang, L., Bilal, M., Gong, W., Zhang, Z., dan Guo, G. 2018. "The Characteristics of the Aerosol Optical Depth within the Lowest Aerosol Layer Over the Tibetan Plateau from 2007 to 2014". *International Journal of Remote Sensing*, 10(5).
- Zulfa, Muchlisa. 2014. *Analysis Of Air Quality Influenced By Traffic Density Using Web Based Geographic Information System (Study Case : Central Surabaya)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Tutupan Lahan



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 2 Lokasi Stasiun Kerjasama Pengamatan Curah Hujan

Metadada_Stasiun_pos_hujan
 Propinsi : Jawa Timur
 Kabupaten : Surabaya

No. Stasiun	Nama Stasiun	Jenis Stasiun	Region	Propinsi	Kabupaten	Lintang (°)	Bujur (°)	Ketinggian (mdpl)
35780902a	Keputih	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,285	112,8044	8
35781001a	Gubeng	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,26471	112,7529	7
35781002a	Kapan Madya Baru/Kebug Cowek	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,2425	112,7689	11
35781202a	Stamet Perak II	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,20528	112,7353	17
35781501a	Stamet Perak I	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,22361	112,7239	10
35781901a	Kandangan	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,23306	112,6547	13
35782701a	Simomulyo/Simo	Pos Hujan Kerjasama	Region III	Jawa Timur	Kota Surabaya	-7,26083	112,7122	10

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 3 Metadata Curah Hujan Stasiun Pengamatan

Metadata_Stasiun_pos_hujan
 Propinsi: Jawa Timur
 Kabupaten: Surabaya

Bulan	Lokasi Stasiun Kerjasama							Rata-Rata Harian
	Keputih	Gubeng	Kapan Madya Baru/Kedung Cowek	Stamet Perak II	Stamet Perak I	Kandangan	Simomulyo / Simo	
Januari	TTU	25	TTU	25	25	25	25	25
Februari	TTU	17	TTU	16	16	17	16	16
Maret	TTU	19	TTU	19	19	20	19	19
April	TTU	14	TTU	14	14	15	14	14
Mei	TTU	7	TTU	7	7	8	7	7
Juni	TTU	9	TTU	8	8	9	8	8
Juli	TTU	2	TTU	2	2	2	2	2
Agustus	TTU	TTU	TTU	TTU	TTU	TTU	TTU	0

Bulan	Lokasi Stasiun Kerjasama							Rata-Rata Rata Harian
	Keputih	Gubeng	Kapan Madya Baru/Kedung Cowek	Stamet Perak II	Stamet Perak I	Kandangan	Simonulyo / Simo	
September	TTU	3	TTU	3	3	3	3	3
Oktober	TTU	2	TTU	2	2	3	3	2
November	TTU	17	TTU	16	16	17	16	16
Desember	TTU	21	TTU	21	21	20	21	21

(-)	= Tidak hujan
0	= Tidak ada hujan
TTU	= Tidak terukur

Lampiran 4 Data Curah Hujan Bulanan



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
STASIUN METEOROLOGI KLAS I JUANDA SURABAYA
 Alamat : Bandar Udara Juanda Surabaya, Telp. 031 – 8667540 Pes. 104, Fax 031 -8673119
 E-mail : meteojuanda@bmg.go.id, Website : www.meteojuanda.info

KEPADA
Sdri. Istiqomah
Di ITS

CURAH HUJAN SURABAYA
PERIODE TAHUN 2017

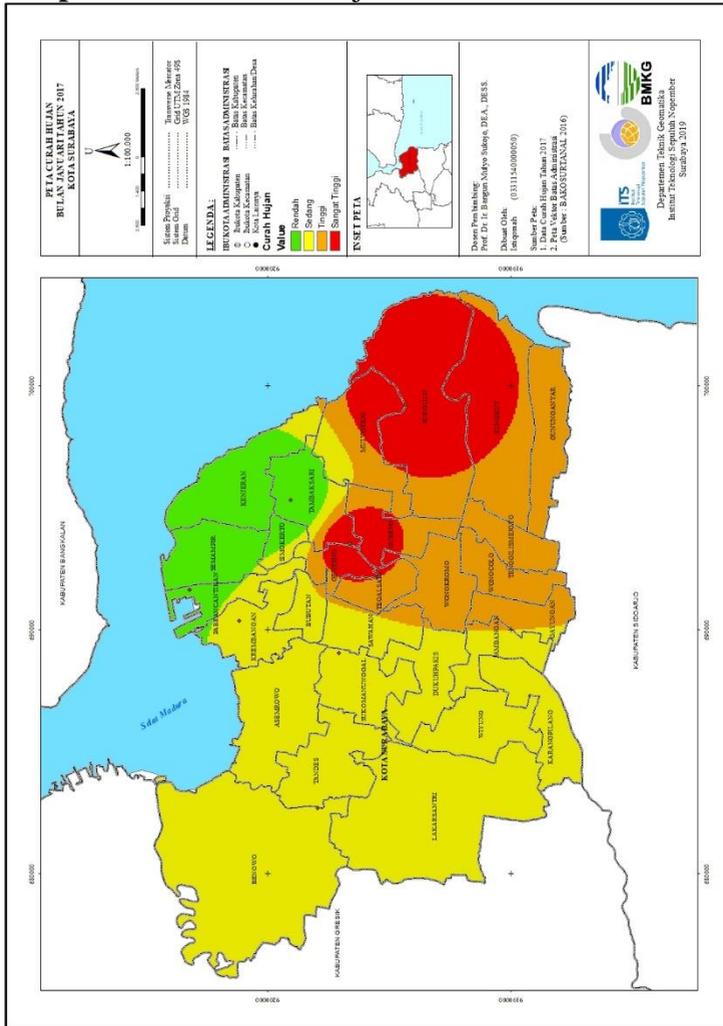
TAHUN	URAIAN (SATUAN)	CURAH HUJAN SURABAYA PERIODE TAHUN 2017											
		JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	Sep	OKT	NOP	DEC
2017	Jumlah CH	366.3	248.8	259.0	87.1	157.9	91.5	7.0	0.0	11.3	26.6	321.1	287.5
	CH Maks	72.4	81.8	45.3	27.4	88.0	60.7	4.5	0.0	5.5	14.4	124.9	46.9
	Hari Hujan	25.0	16.0	19.0	14.0	7.0	8.0	2.0	0.0	3.0	2.0	16.0	21.0

Surabaya, 07 November 2018
 An. KEPALA STASIUN
 Kepala Seksi Data & Informasi

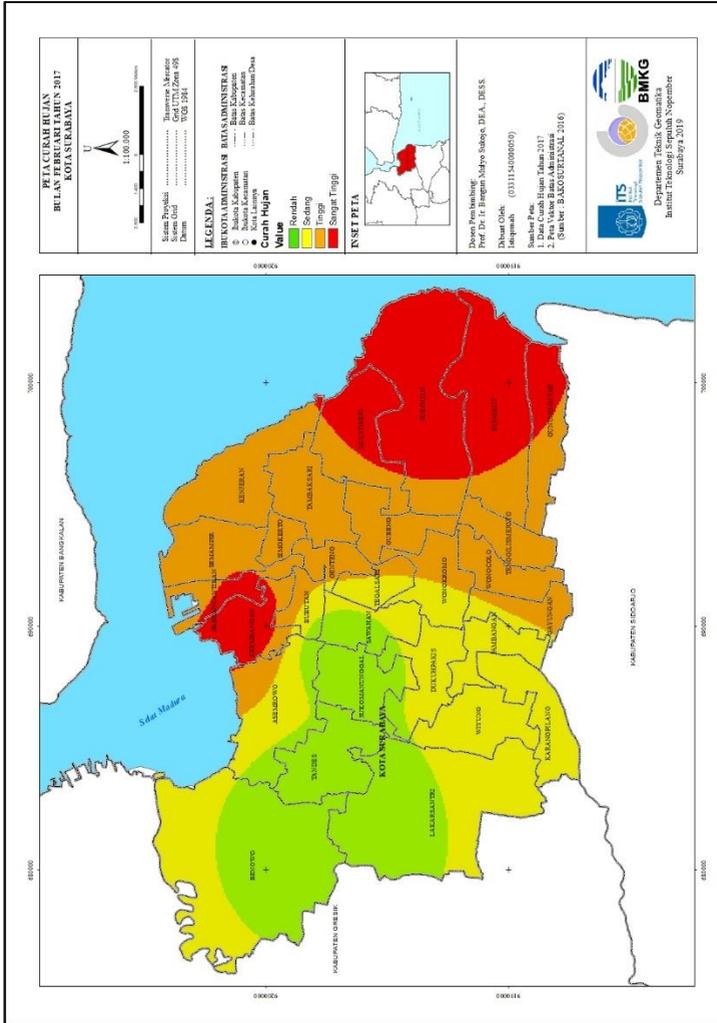


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

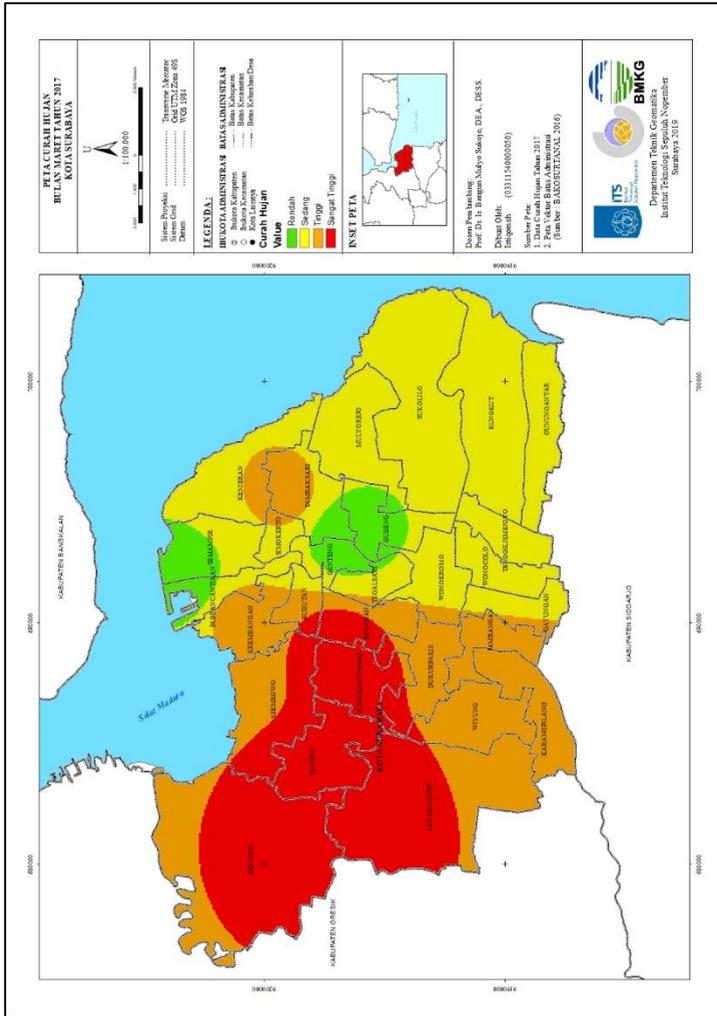
Lampiran 5 Peta Curah Hujan



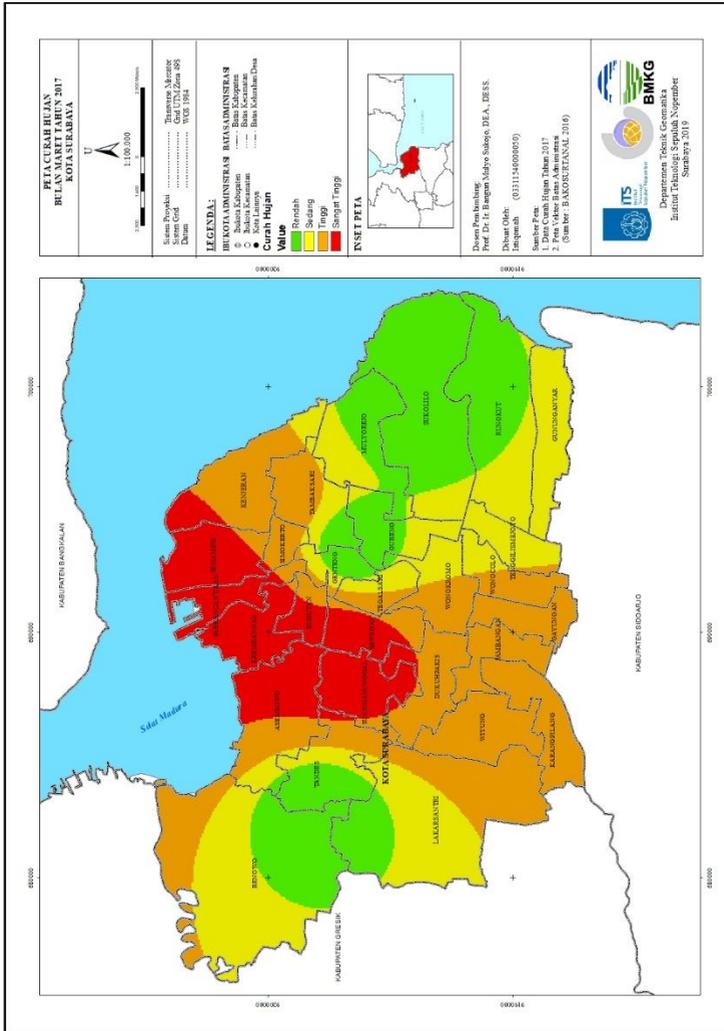
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



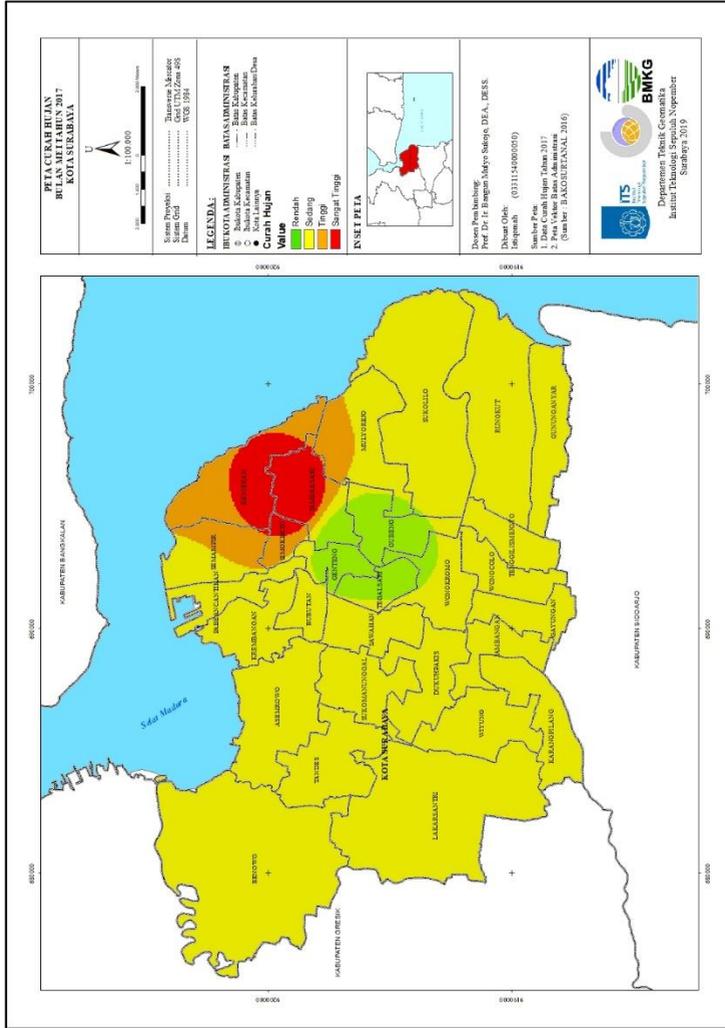
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



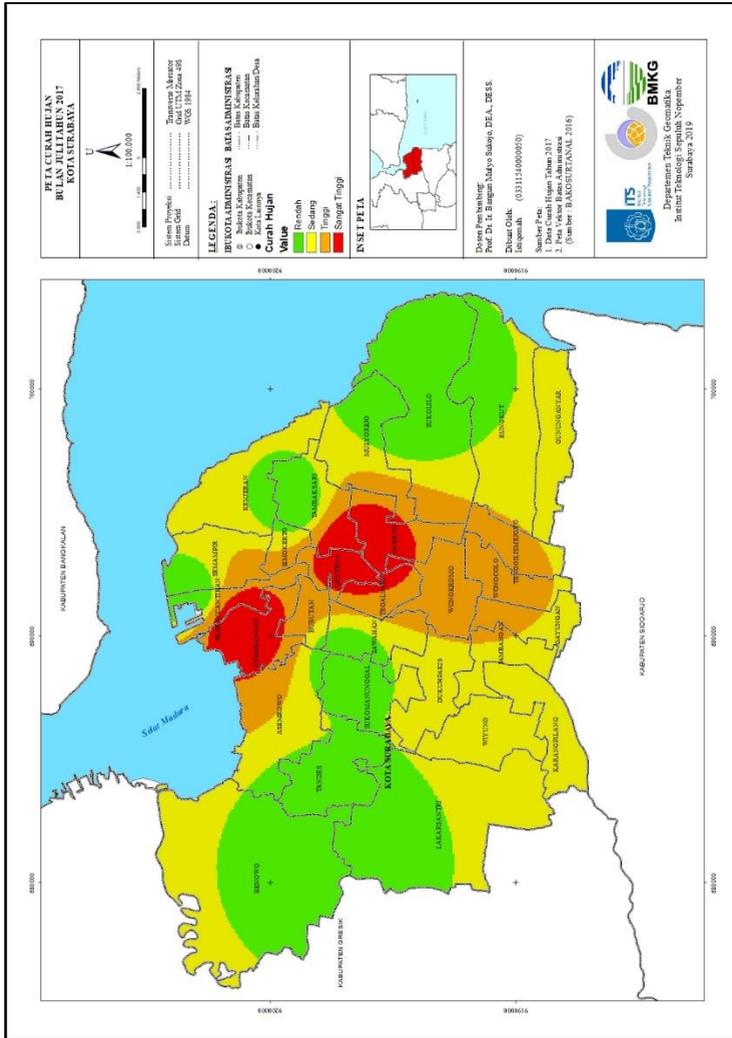
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



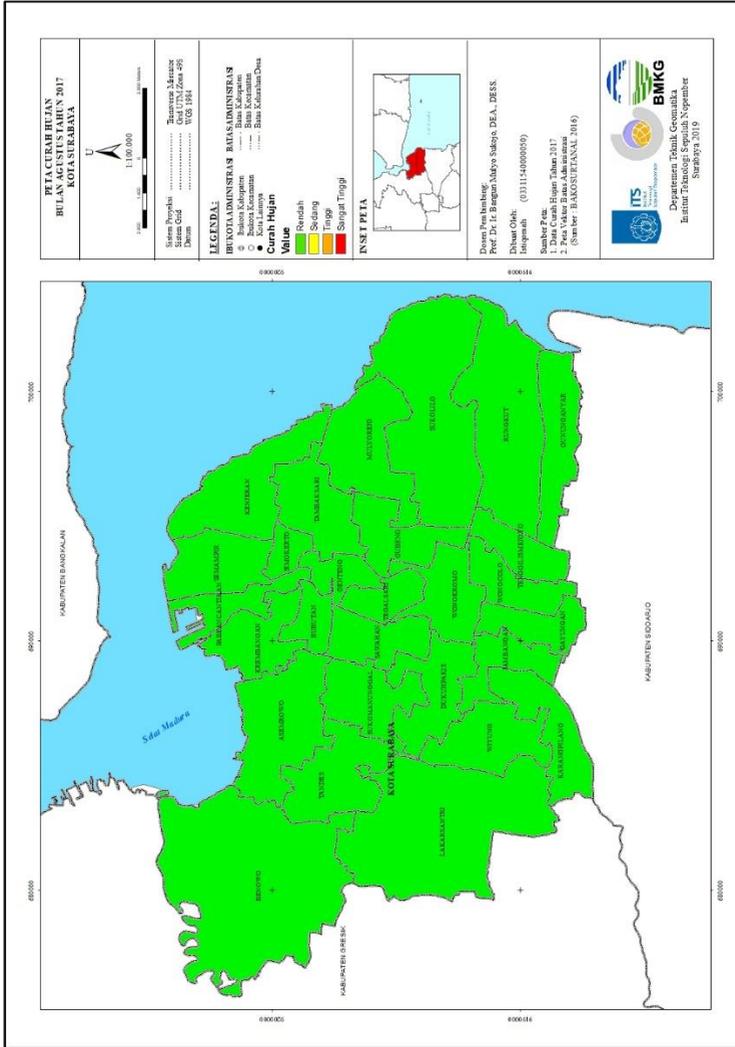
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



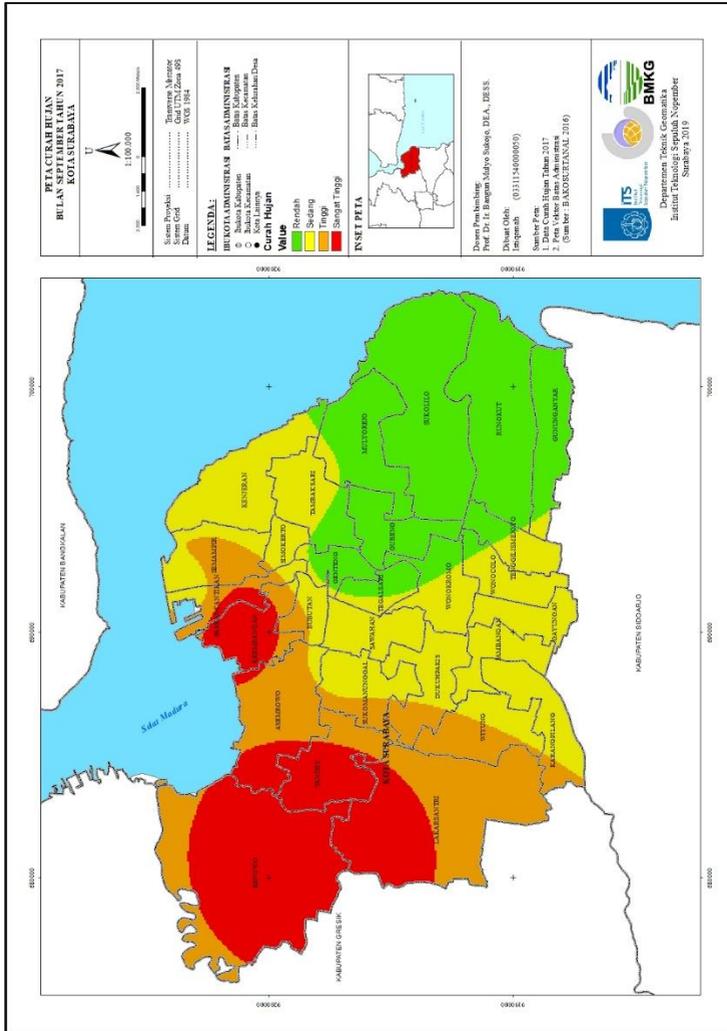
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



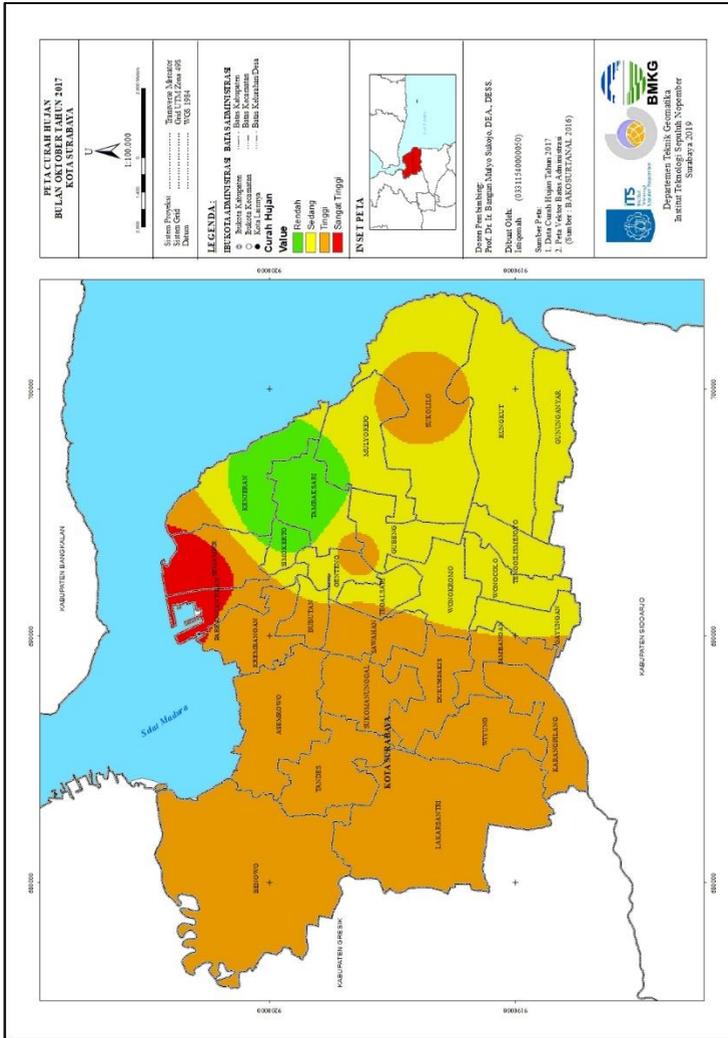
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



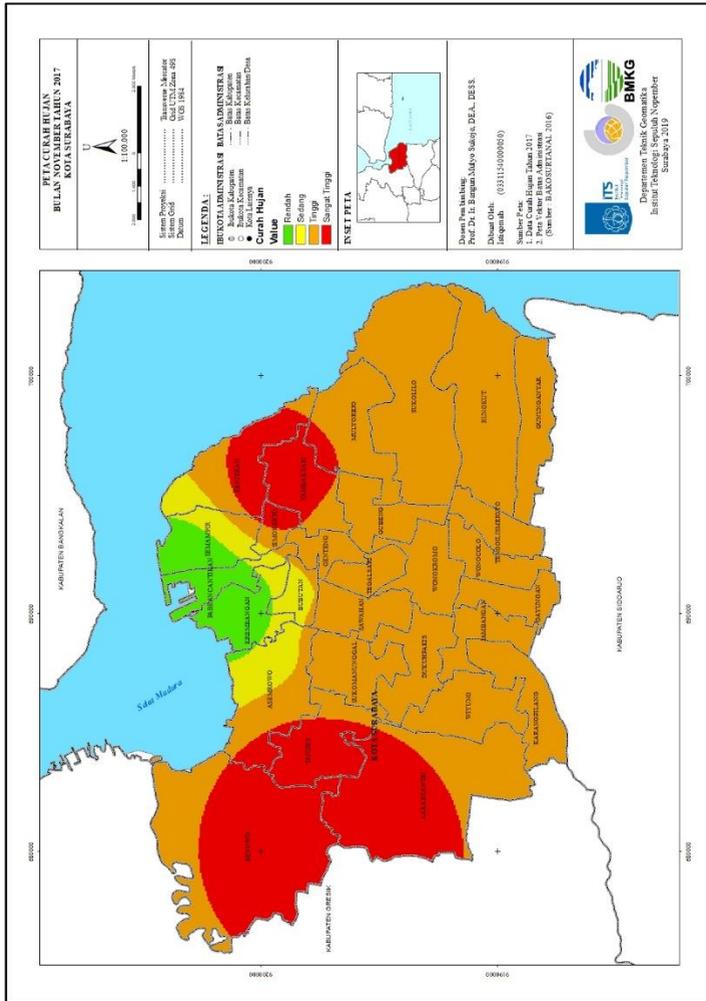
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



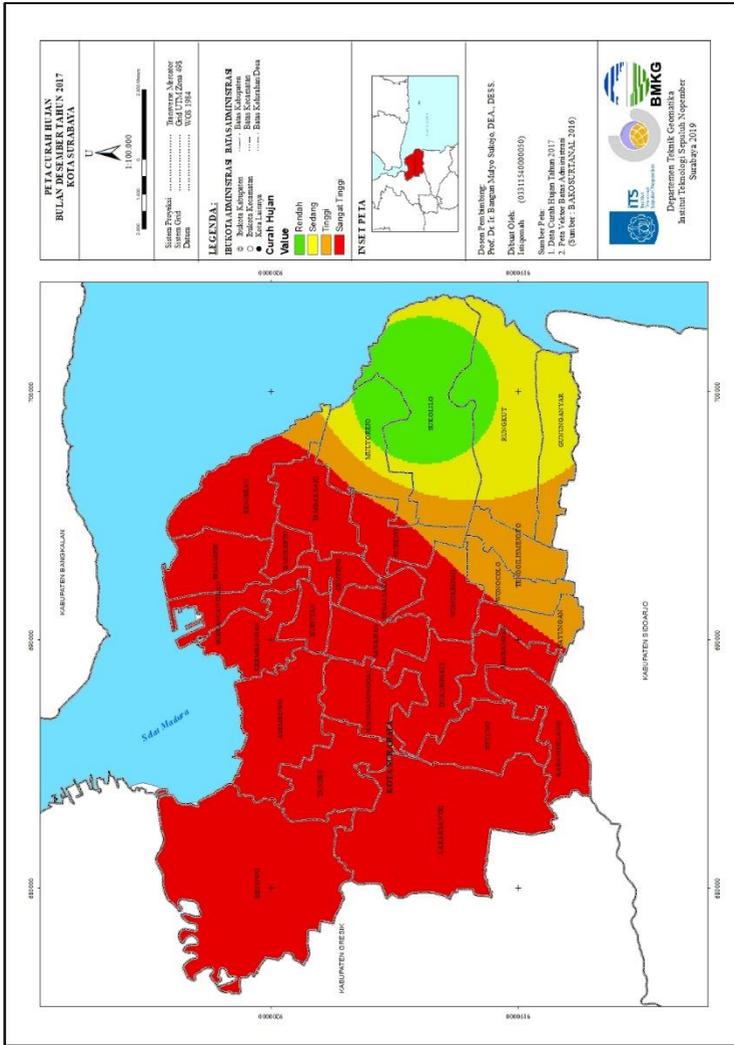
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

Lampiran 6 Data Intensitas Angin Harian

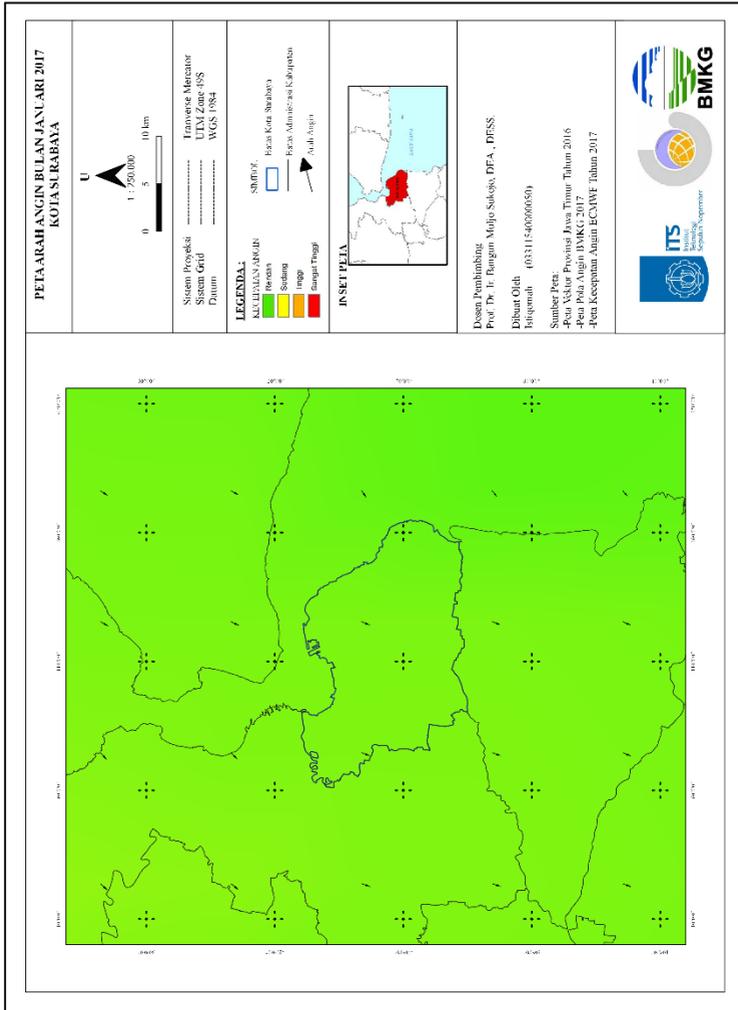
Data Iklim Harian 01 Januari 2017 s/d 01 Desember 2017

Propinsi : Jawa Timur
Kabupaten : Kota Surabaya

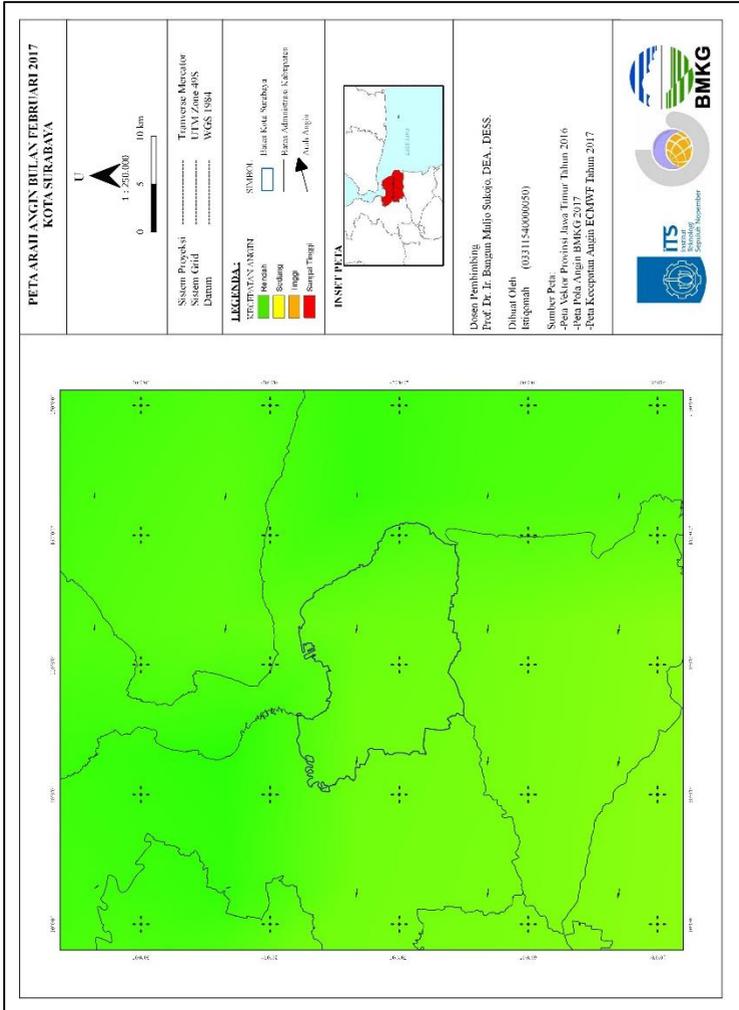
Nama Stasiun	WMO ID	Tanggal	Suhu Minimum (°C)	Suhu Maksimum (°C)	Suhu Rata-rata (°C)	Kelambaban Rata-rata (%)	Lama Penyinaran (jam)	Kcepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kcepatan Angin Terbesar (knot)	Arah Angin Saat Kcepatan Maksimum (deg)	rata-rata kecepatan angin
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	01/01/2017	24,4	32	28	82	0,5	1	N	3	20	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	01/01/2017	24,4	32,5	27,6	86	0,3	2	NE	5	70	
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	02/01/2017	25	34,1	28,4	81	3,5	1	N	3	60	1
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	02/01/2017	25,8	32,4	28,7	79	4,6	1	N	2	150	1,5
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	03/01/2018	26	35	29,4	78	3,8	1	N	5	80	
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	03/01/2018	26,3	35,5	29,6	77	5,2	2	N	5	300	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	04/01/2018	26	33,1	28,3	82	7,1	2	N	4	350	1,5
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	04/01/2018	25,6	32,5	28,1	81	6,4	1	N	3	340	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	05/01/2018	25,3	33,6	28,9	76	2	2	N	3	350	
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	05/01/2018	25,6	32,4	28,7	78	1,2	1	N	3	320	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	06/01/2017	26	34,2	29,4	75	4,5	2	N	3	60	
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	06/01/2017	25,2	34,1	30,1	72	2,5	1	N	4	70	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	07/01/2017	25,1	32,6	28,1	83	5,5	2	S	4	60	
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	07/01/2017	25,2	32,5	28,4	82	7,4	1	N	3	130	1,5
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	08/01/2017	25,2	35,3	30,6	71	1	1	N	4	60	
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	08/01/2017	25,5	34,8	30,3	73	2,6	2	E	5	110	1,5

Nama Stasiun	WMO ID	Tanggal	Suhu Minimum (°C)	Suhu Maksimum (°C)	Suhu Rata-rata (°C)	Ketelambahan Rata-rata (%)	Lama Penyinaran (jam)	Kecepatan Angin Rata-rata (knot)	Arah Angin Terbanyak (deg)	Kecepatan Angin Terbesar (knot)	Arah Angin Saat Kecepatan Maksimum (deg)	rata-rata kecepatan angin
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	09/01/2017	25,6	32,2	28,2	84	7,6	1	N	3	70	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	09/01/2017	26,5	33,9	28,3	83	8	2	N	5	30	
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	10/01/2017	26	33,6	29,5	78	3	1	N	4	350	1
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	10/01/2017	25,6	33,8	29,6	78	5,5	1	N	4	60	
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	11/01/2017	26,2	35,4	30,1	76	2,8	1	N	3	350	1,5
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	11/01/2017	26,5	35,4	30,1	77	4,6	2	N	4	50	
Stasiun Meteorologi Maritim Perak II	96937	12/01/2017	27,2	35,6	30,7	76	7,7	2	NW	4	20	1,5
Stasiun Meteorologi Perak I	96933	12/01/2017	26,6	35	30,4	78	7,2	1	N	3	330	

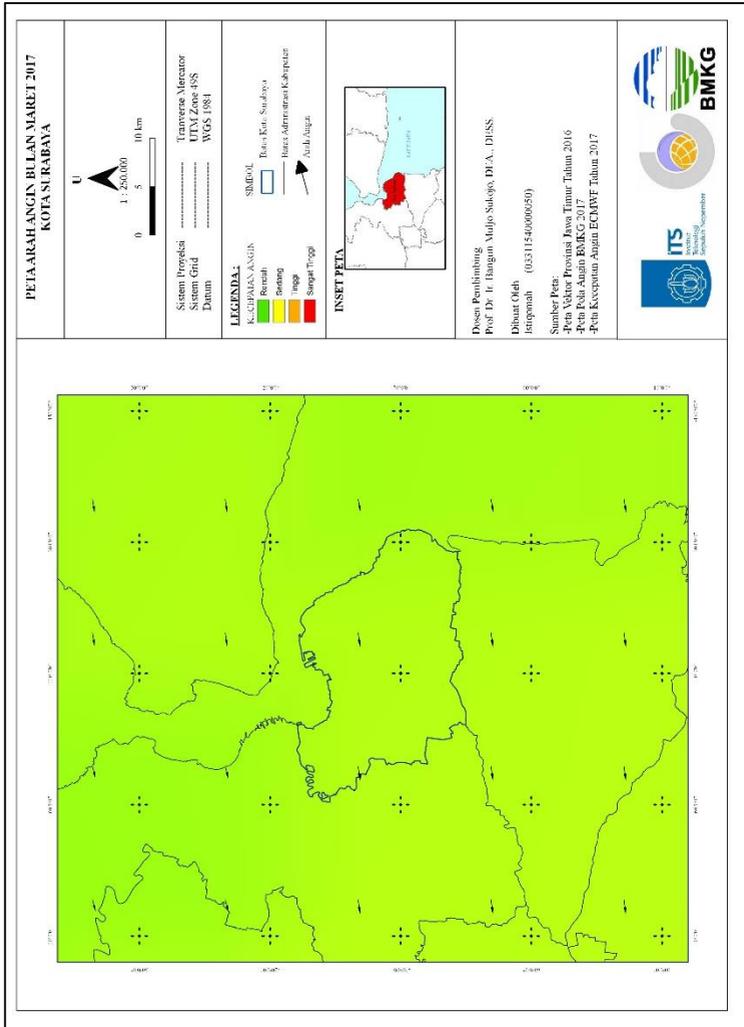
Lampiran 7 Peta Pola Angin



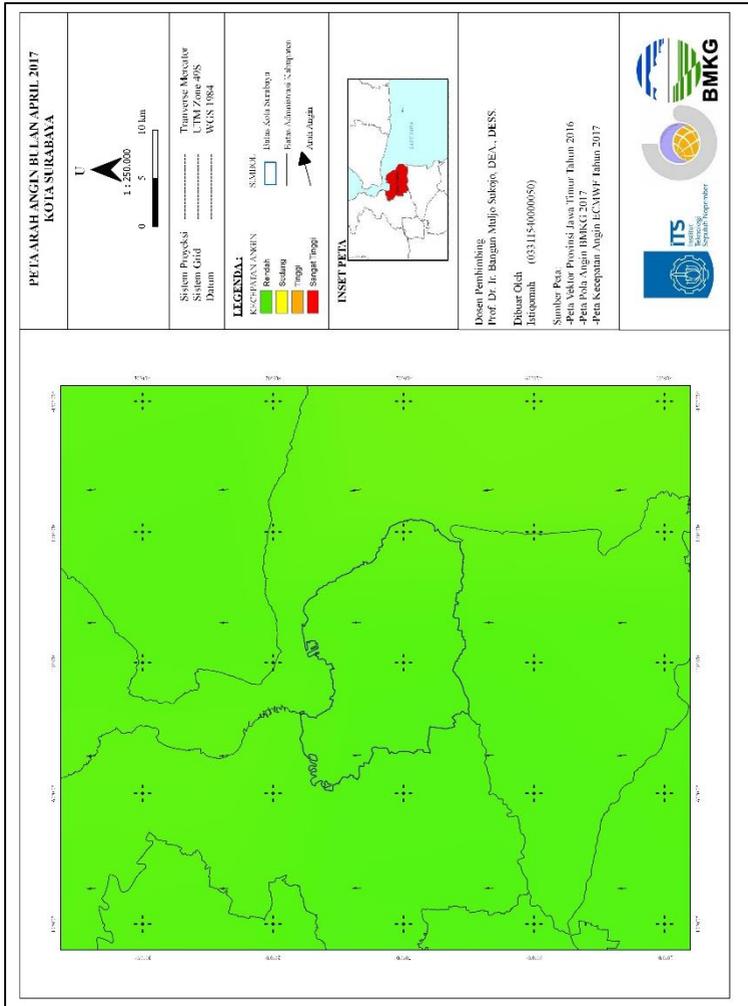
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



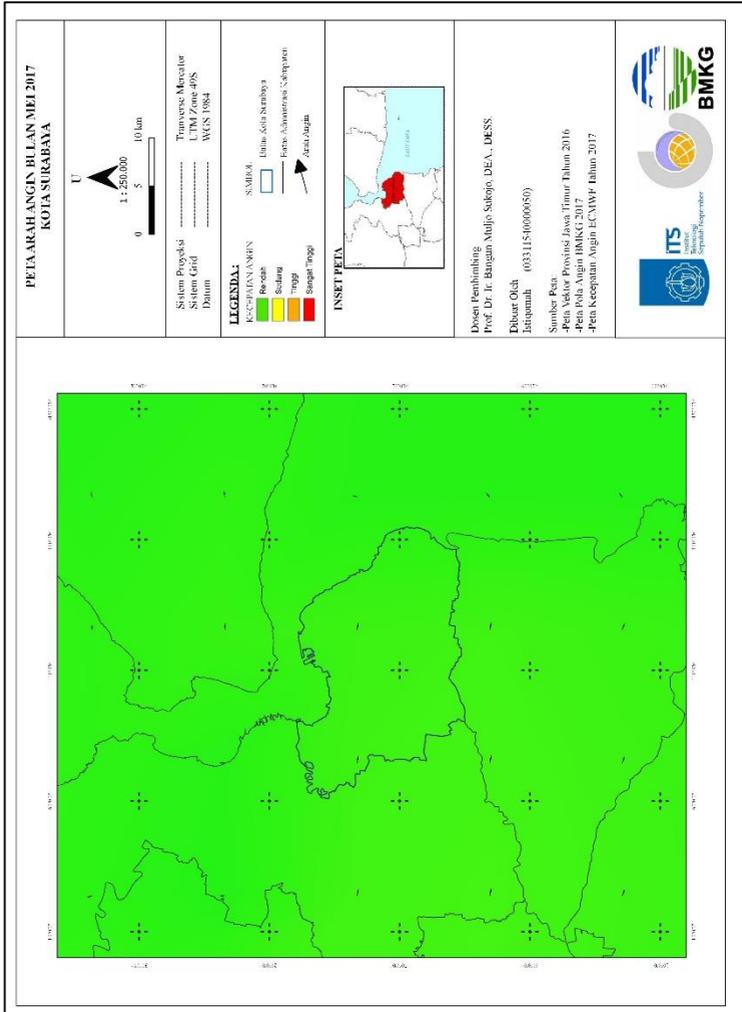
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



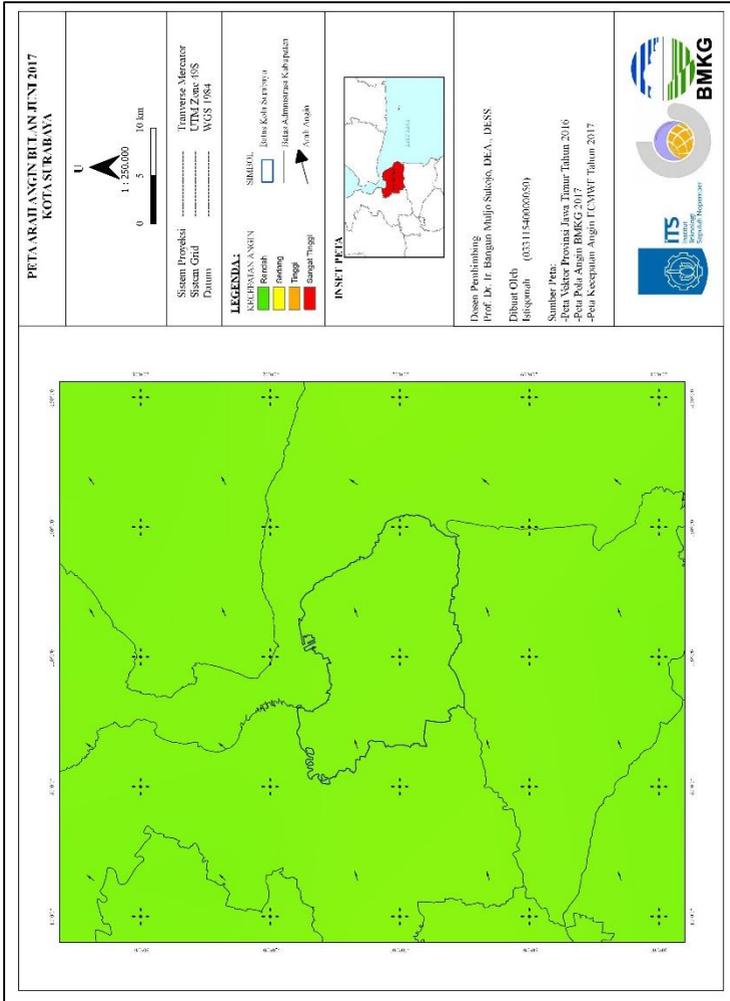
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



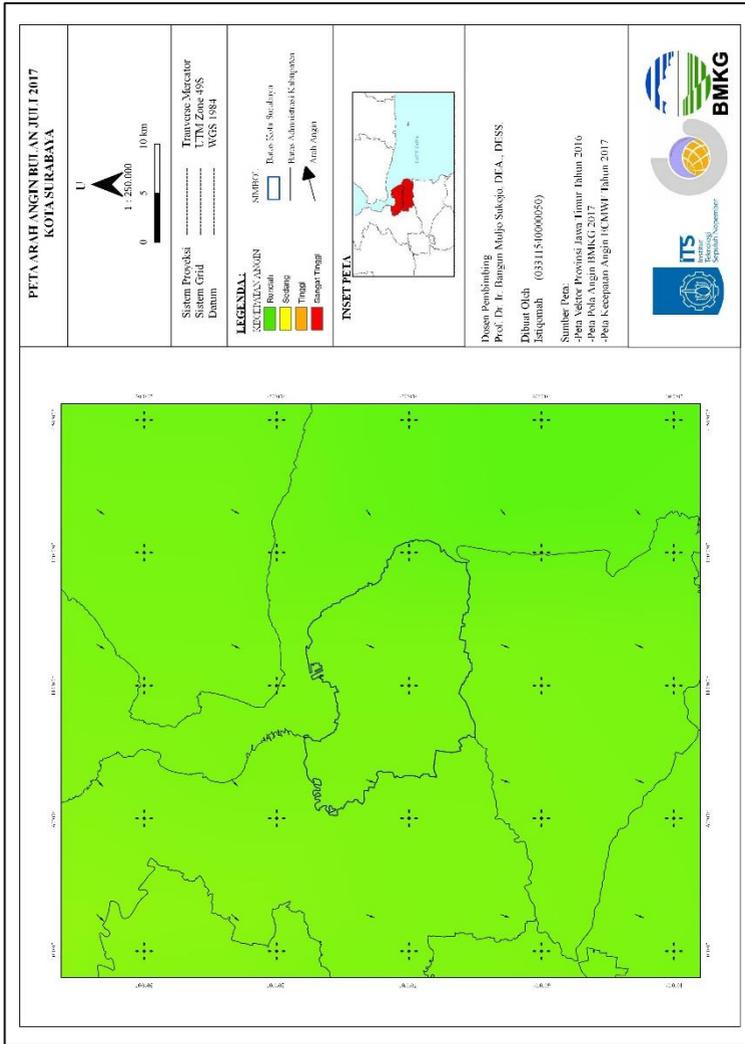
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



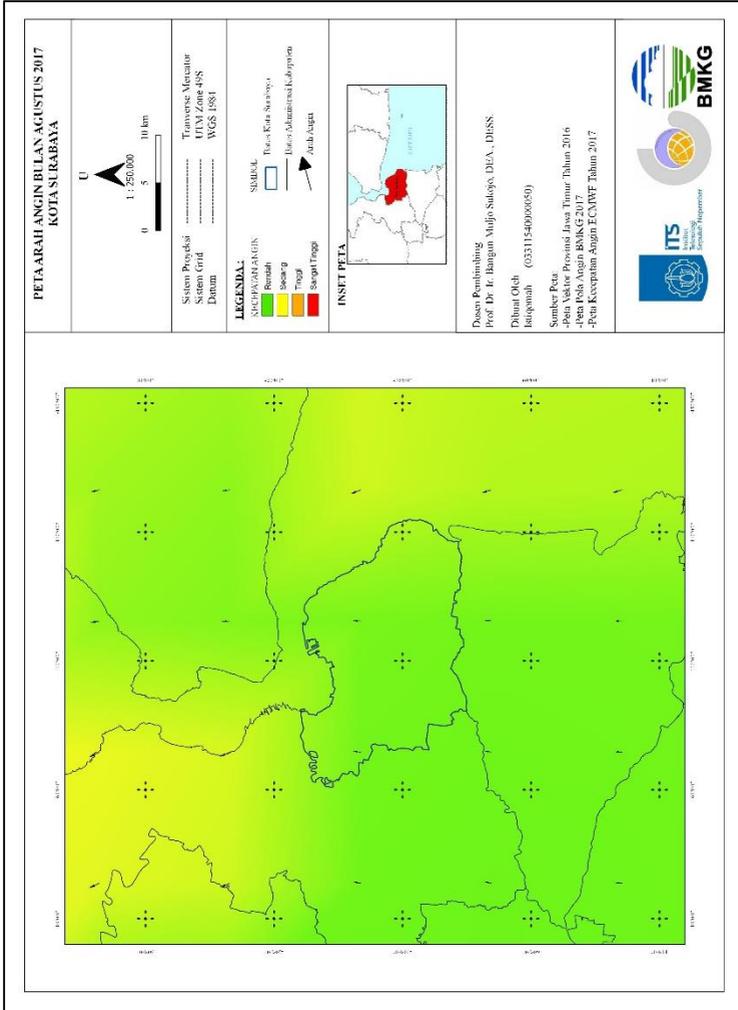
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



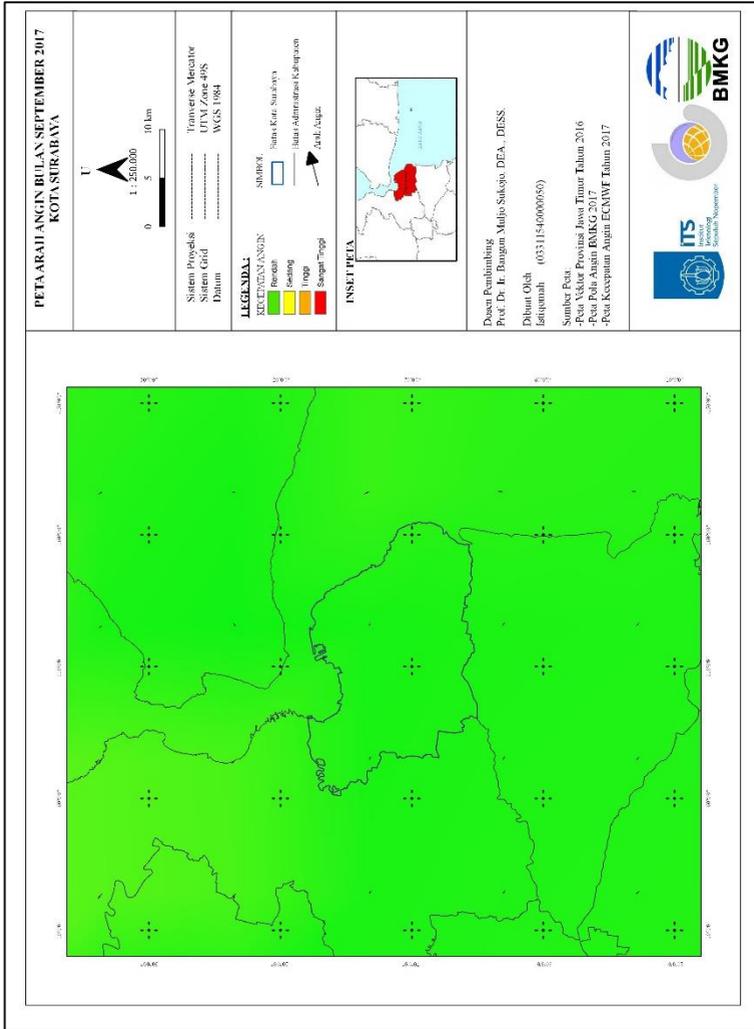
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



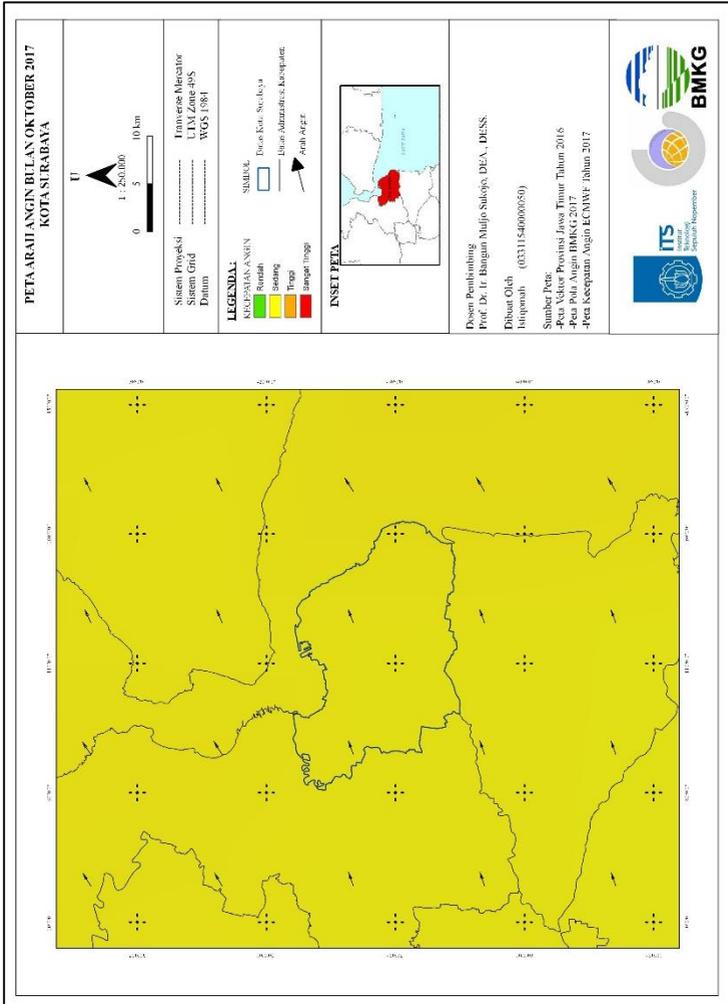
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



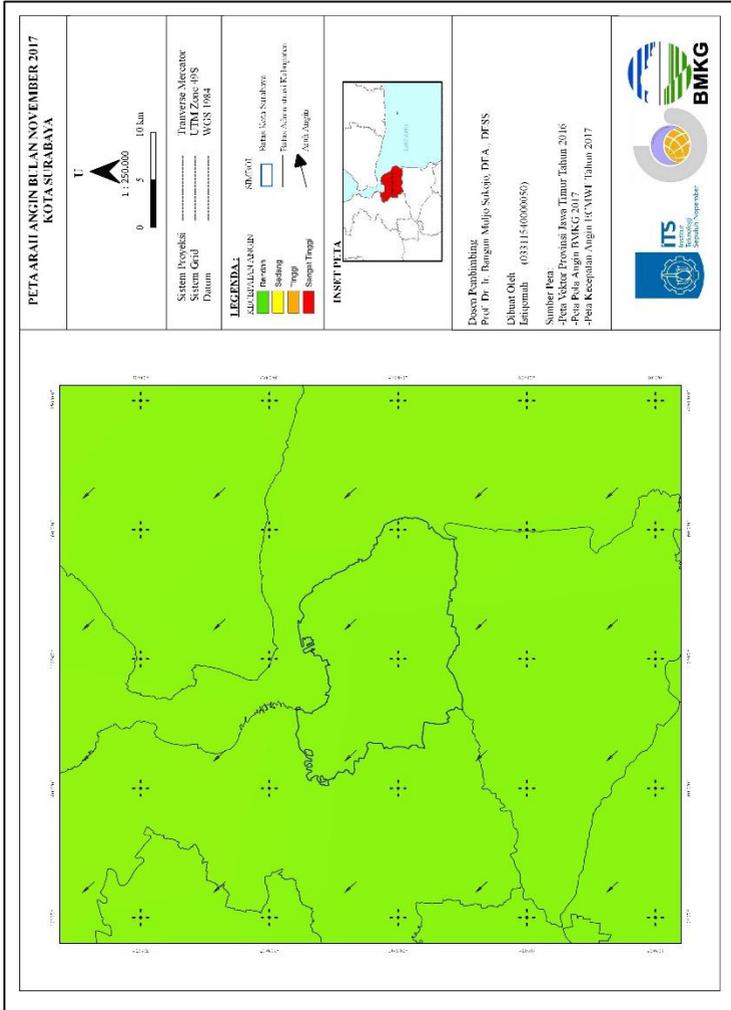
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



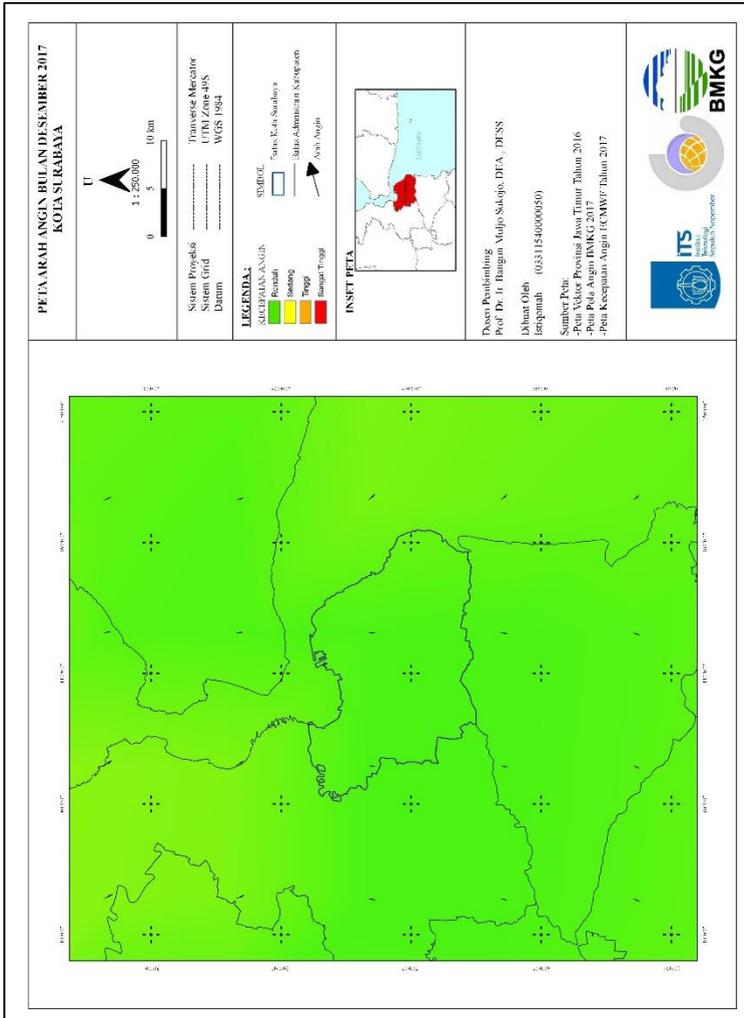
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

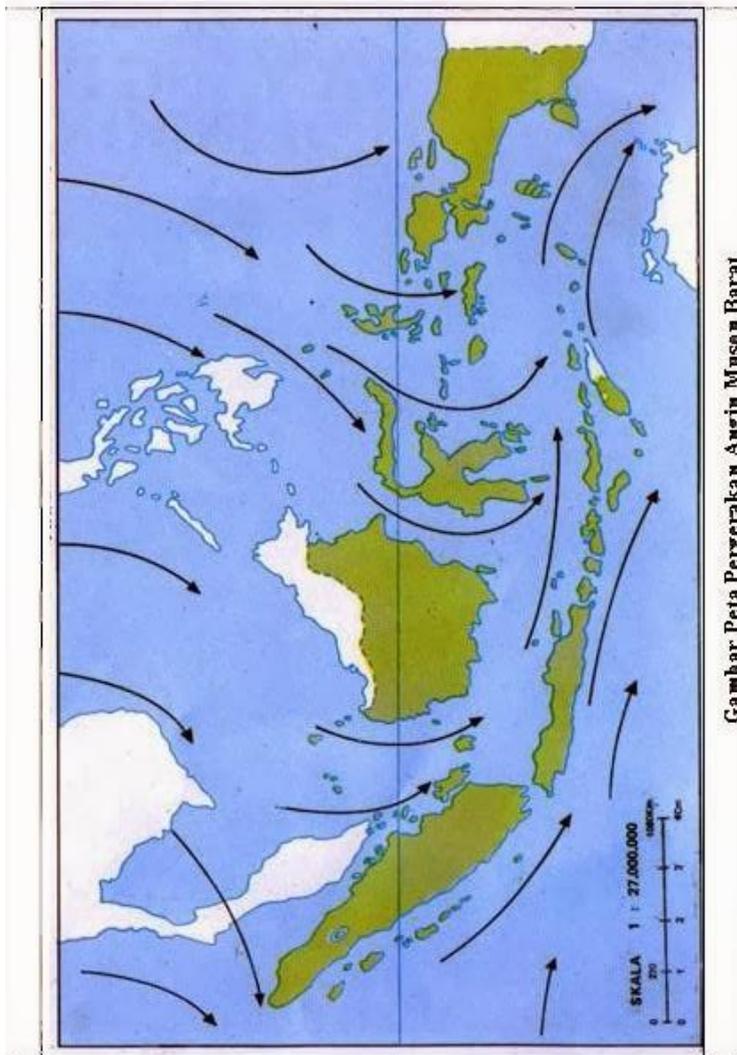


Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

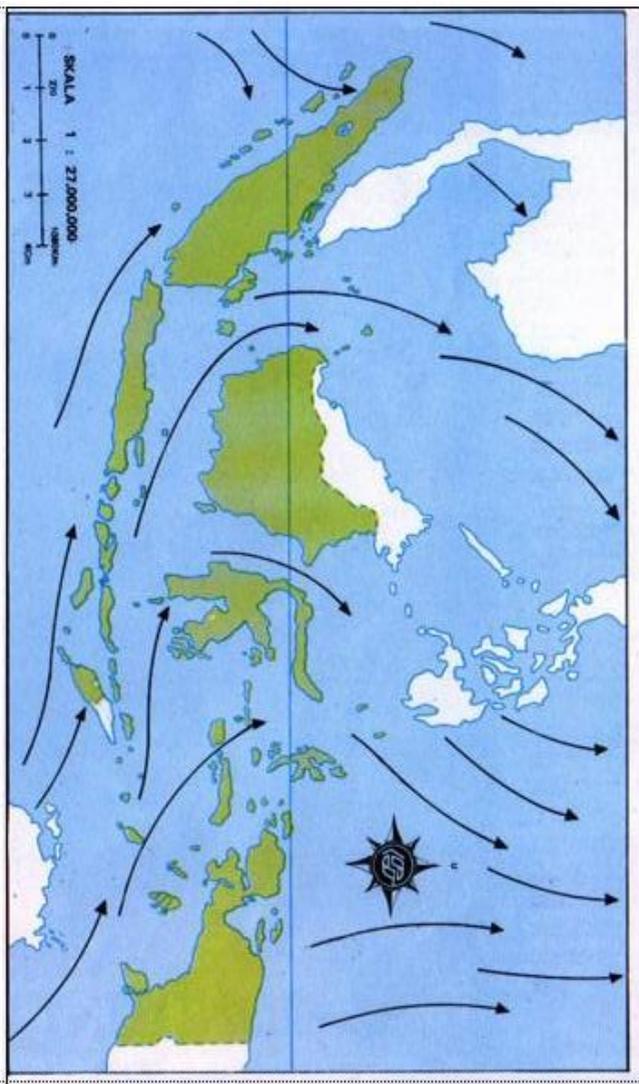


Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

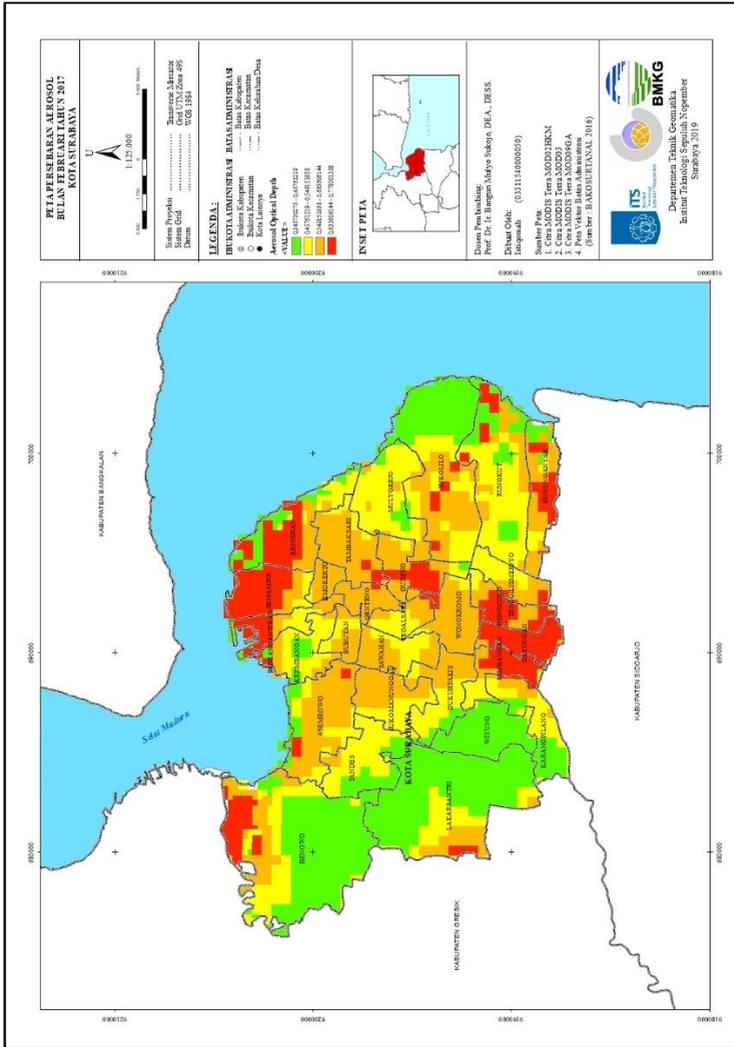
Lampiran 8 Pola Angin Tahunan



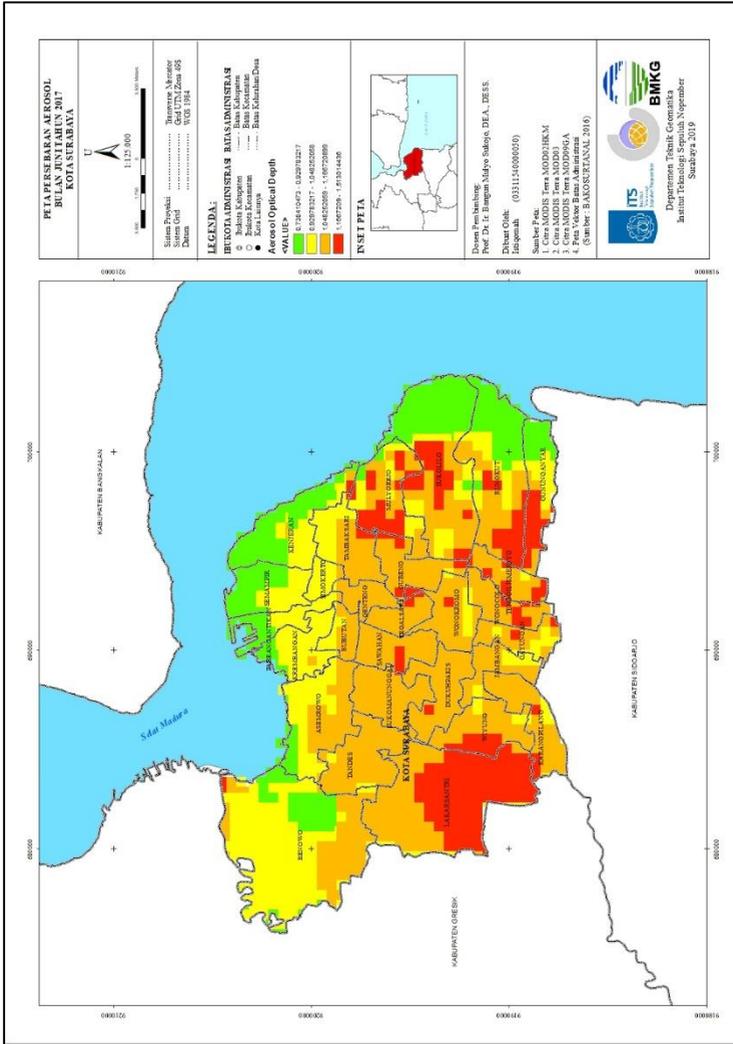
Gambar Peta Pergerakan Angin Muson Barat



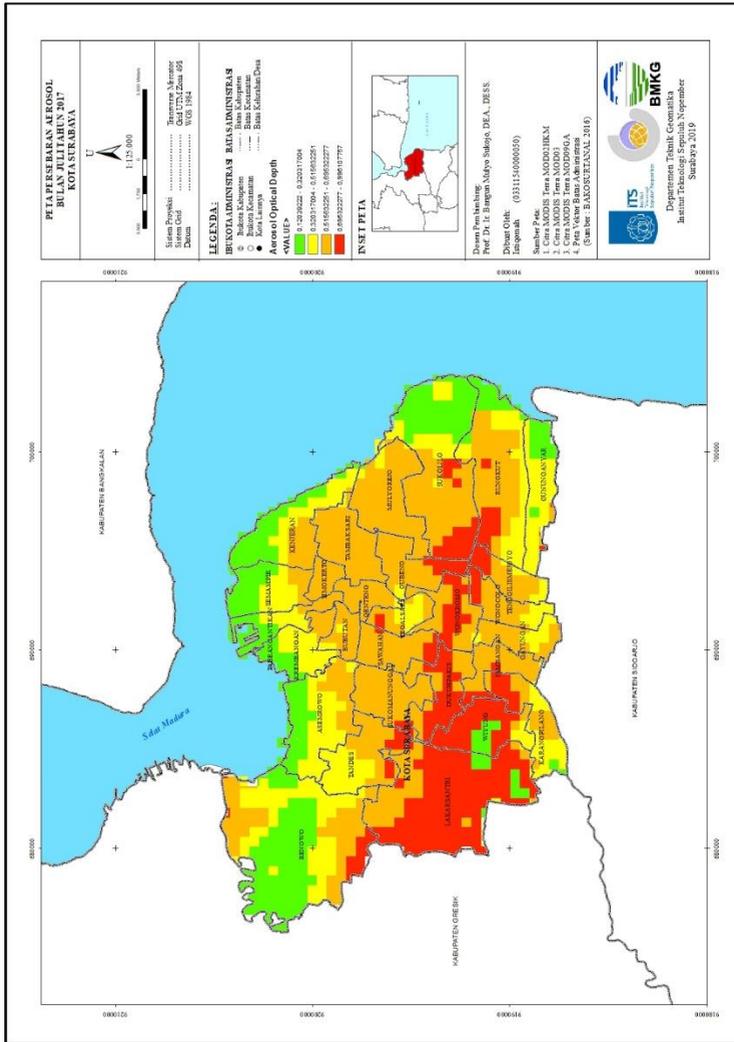
Gambar Peta Pergerakan Angin Muson Timur



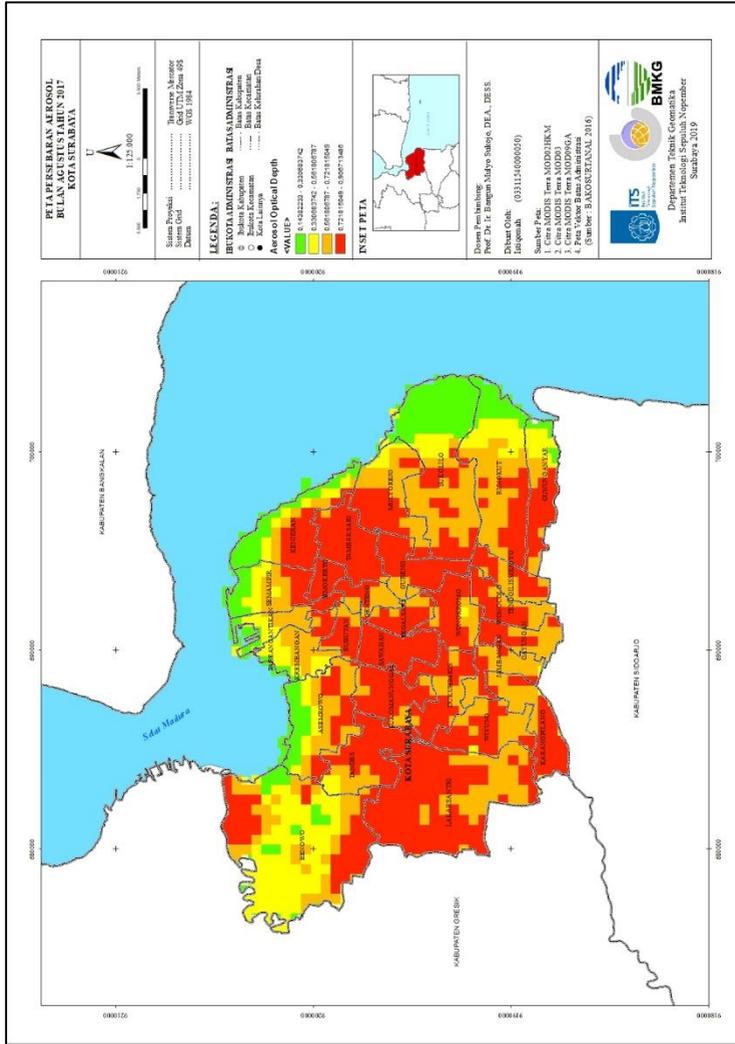
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



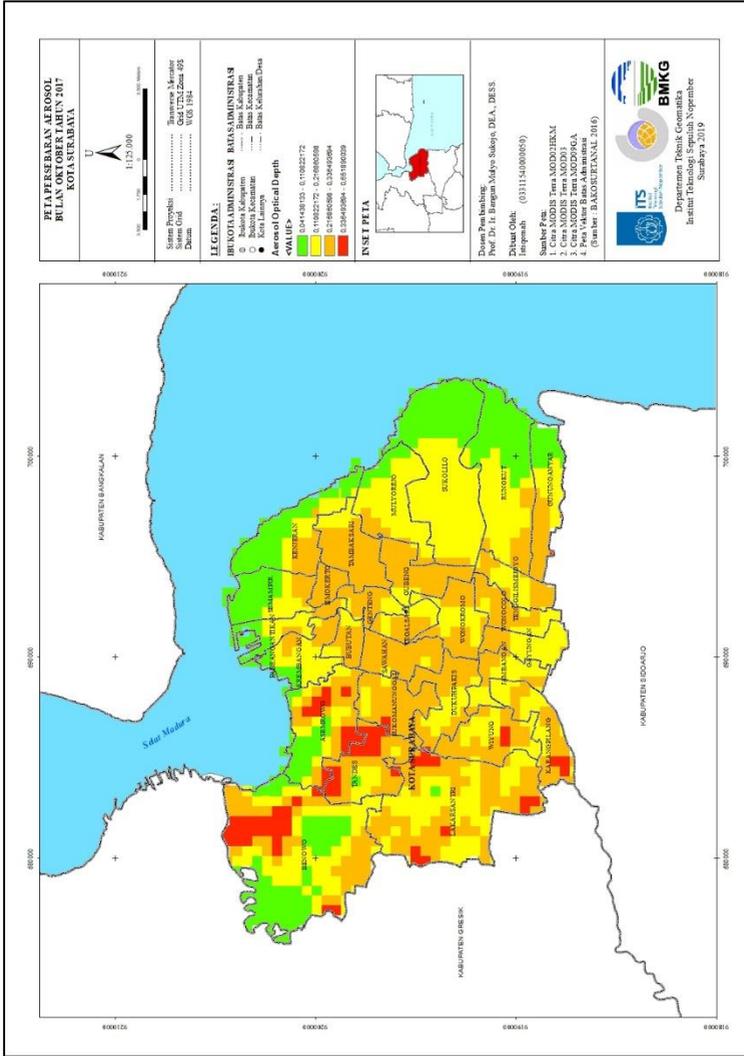
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



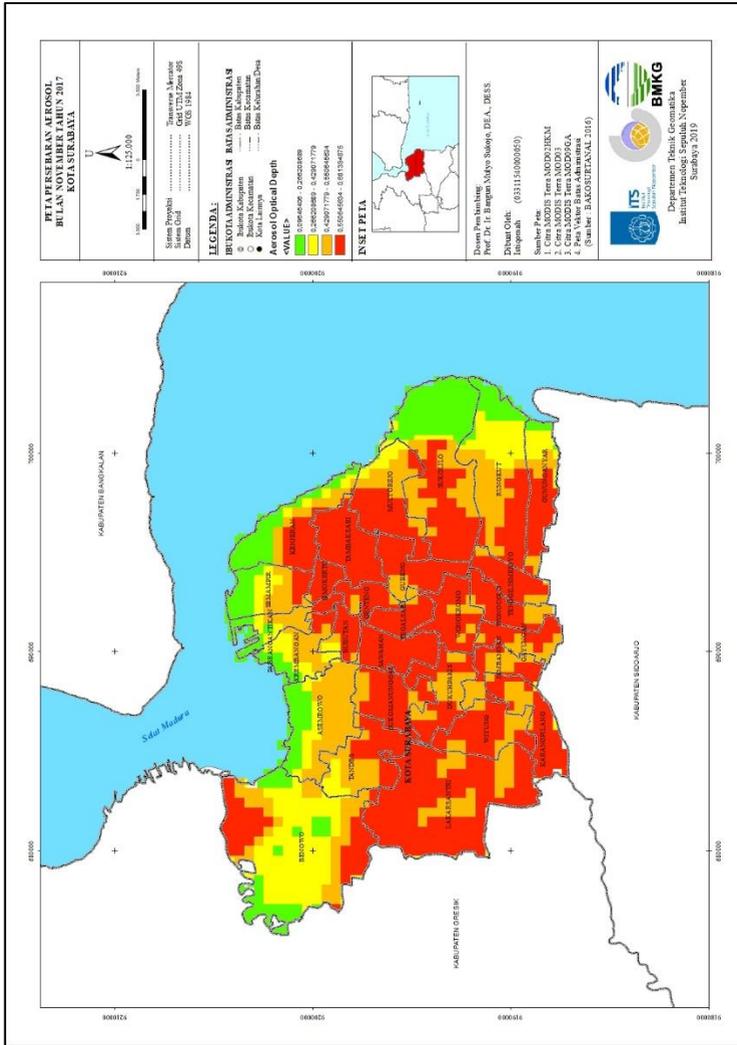
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



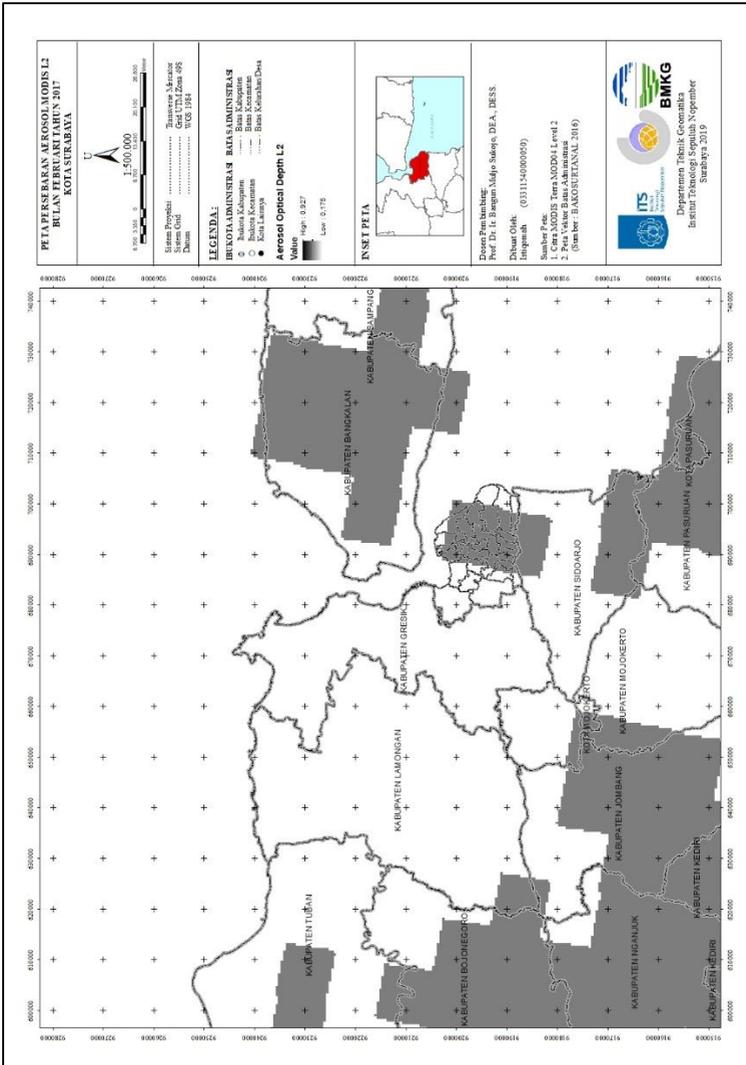
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



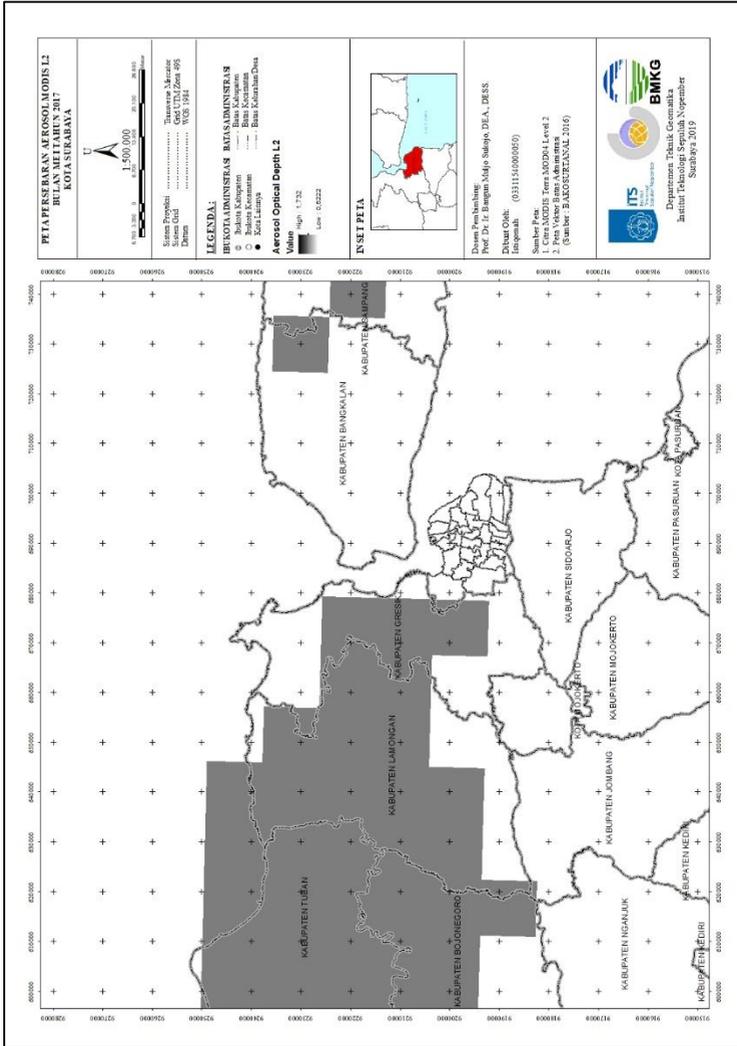
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



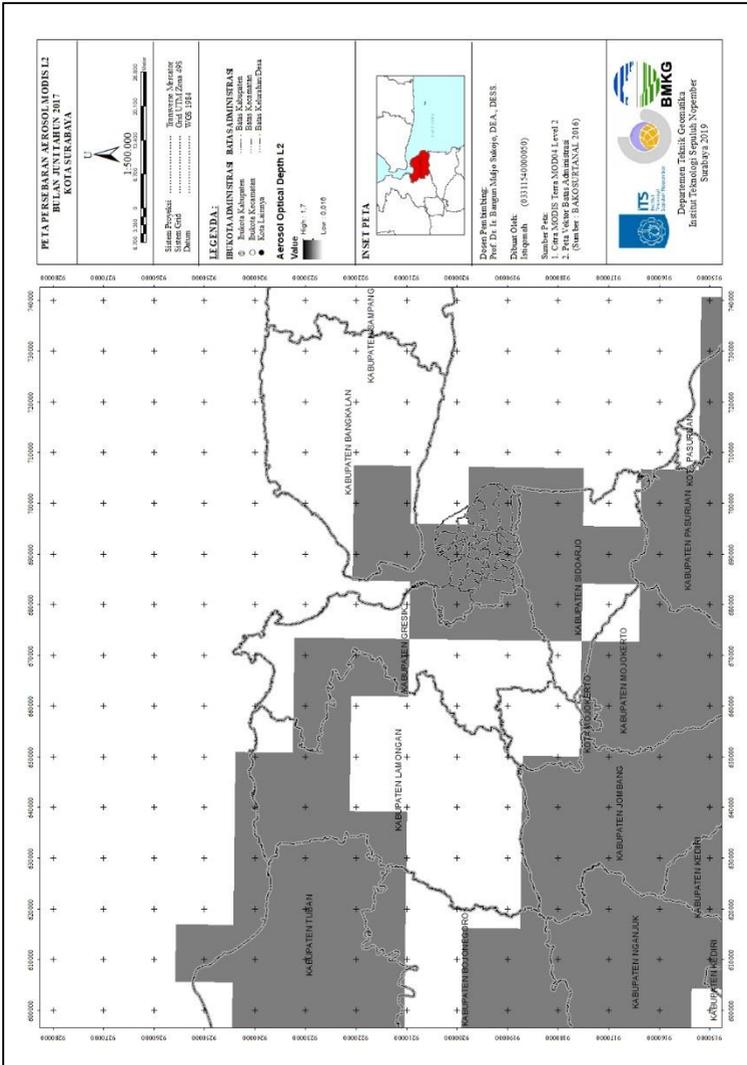
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



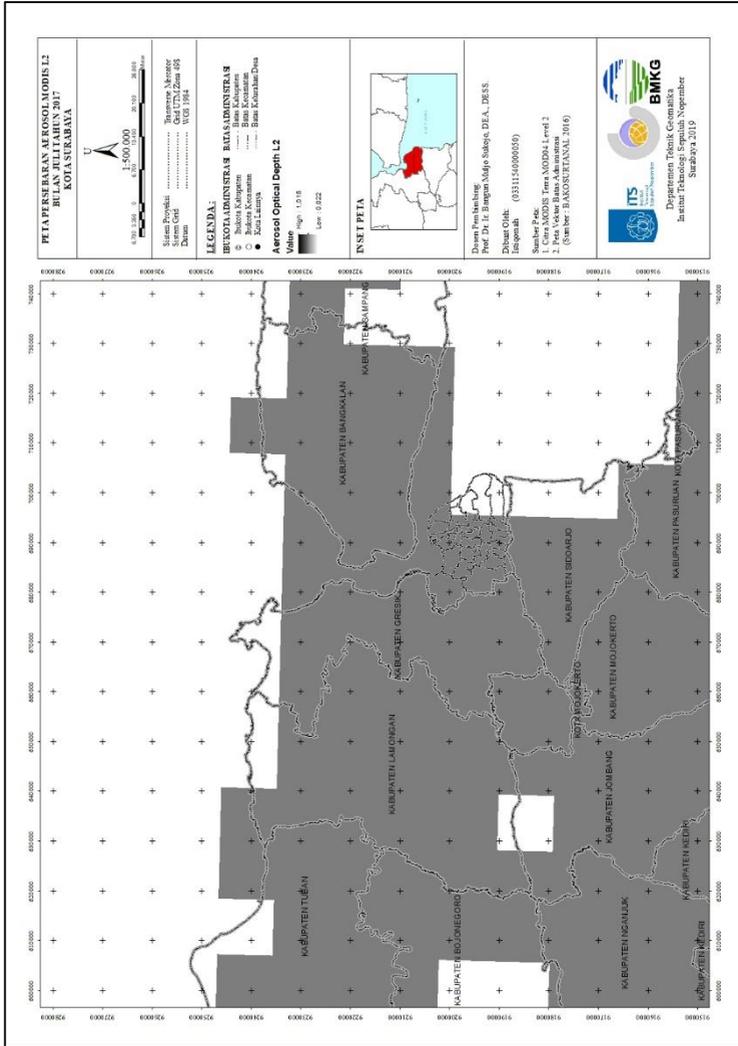
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



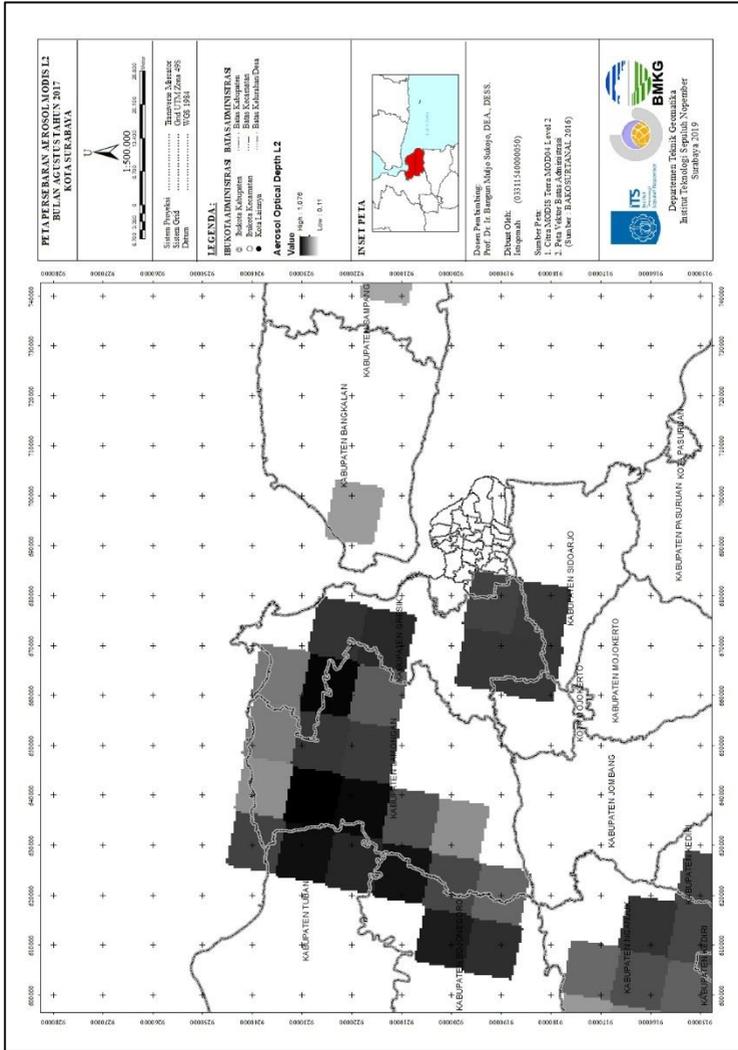
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



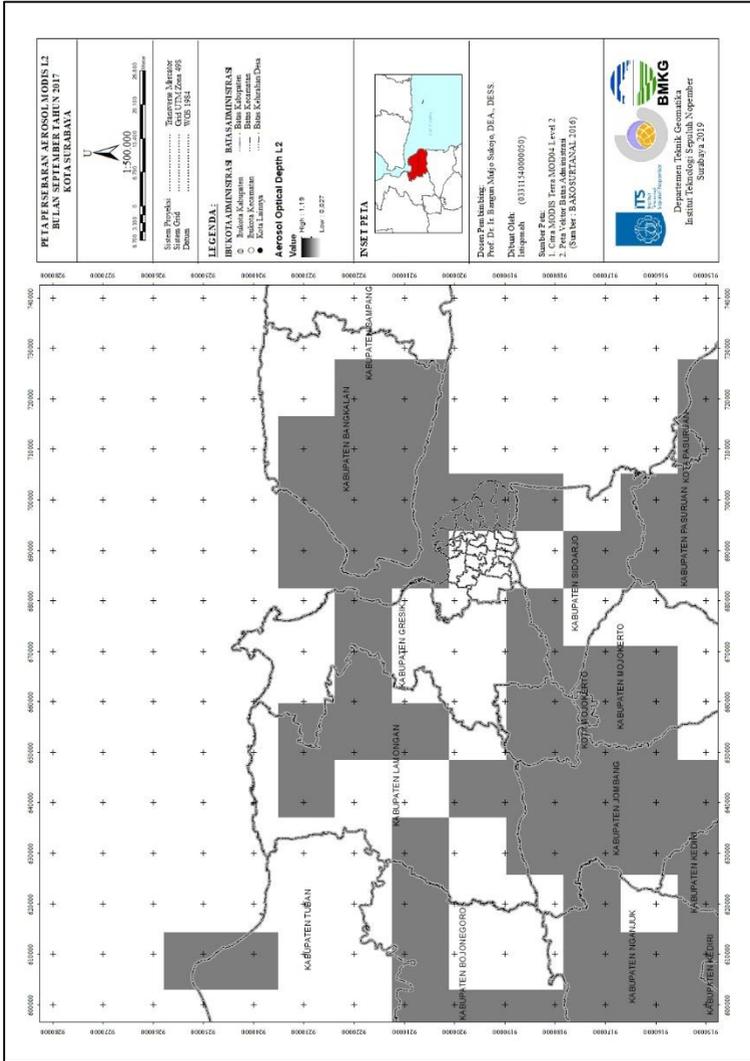
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



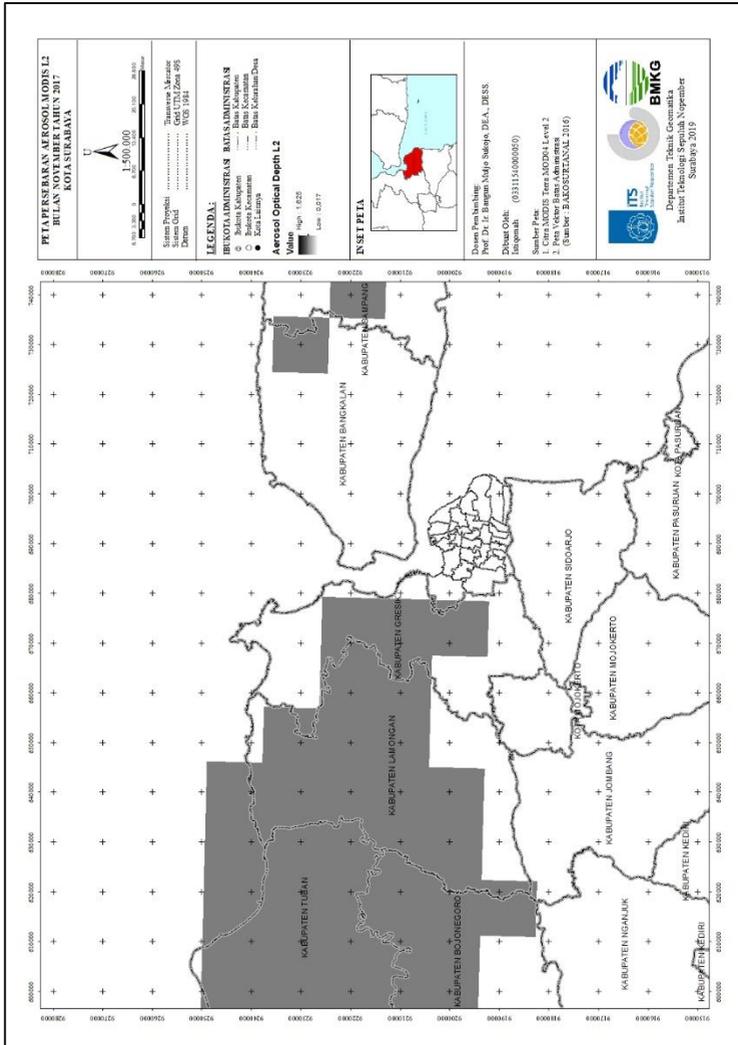
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

Lampiran 11 Uji Akurasi SPM

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,69117895
R Square	0,477728341
Adjusted R Square	0,425501175
Standard Error	15,83205222
Observations	12

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	2292,762	2292,762	9,147124	0,01279847
Residual	10	2506,539	250,6539		
Total	11	4799,301			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	68,15340529	10,32905	6,598227	6,09E-05	45,13885098	91,1679596	45,13885098	91,1679596
AOD Pengolahan	36,09814905	11,93556	3,024421	0,012798	9,504072646	62,69222546	9,504072646	62,69222546

RESIDUAL OUTPUT

<i>Observation</i>	<i>Predicted SPM</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>
1	71,57727802	20,56272	1,362196
2	95,43150679	-3,49151	-0,2313
3	93,88435191	-7,94435	-0,52628
4	107,7669571	β2,28304	2,13862
5	122,6816545	5,868346	0,388754
6	116,8177657	-12,6678	-0,83919
7	99,74540061	12,1046	0,80188
8	91,53792497	-17,5979	-1,16579
9	94,91984143	-12,5798	-0,83336
10	89,27082386	-7,33082	-0,48564
11	92,05341161	-10,1134	-0,66997
12	78,33308351	0,906916	0,06008

PROBABILITY OUTPUT

<i>Percentile</i>	<i>SPM</i>
4,166666667	73,94
12,5	79,24
20,83333333	81,94
29,16666667	81,94
37,5	82,34
45,83333333	85,94
54,16666667	91,94
62,5	92,14
70,83333333	104,15
79,16666667	111,85
87,5	128,55
95,83333333	140,05

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 12 Uji Akurasi MODIS Level 2

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,978203156
R Square	0,956881415
Adjusted R Square	0,865972324
Standard Error	0,166614331
Observations	12

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	6,776586918	6,77658692	244,11	2,36175E-08
Residual	11	0,30536369	0,02776034		
Total	12	7,081950608			

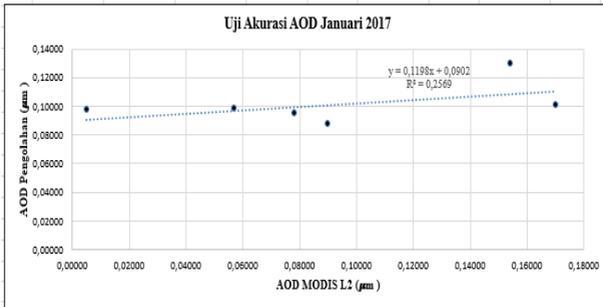
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
AOD L2	1,07235209	0,0686348	15,624033	7,4E-09	0,921288	1,22342	0,9213	1,2234

RESIDUAL OUTPUT

PROBABILITY OUTPUT

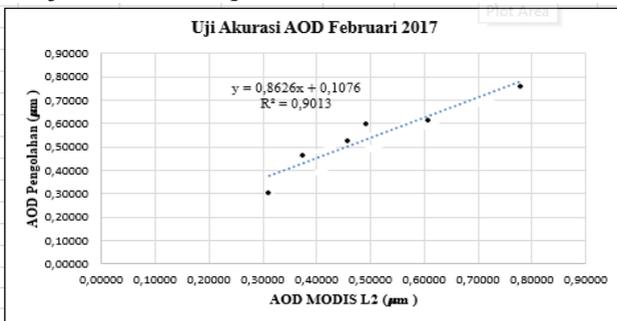
<i>Observation</i>	<i>Predicted AOD</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>	<i>Percentile</i>	<i>AOD</i>
1	0,09901027	0,0022697	0,0142284	4,166666667	0,10128
2	0,54052979	0,0018002	0,0112851	12,5	0,24117
3	0,59400799	0,137312	0,8607766	20,83333333	0,54233
4	0,99532503	0,181755	1,139379	29,16666667	0,55864
5	0,90947253	0,1493175	0,936036	37,5	0,59238
6	1,26282326	-	-	45,83333333	0,59578
7	0,68527588	0,0244933	0,1535425	54,16666667	0,72747
8	0,55917799	0,036602	0,2294493	62,5	0,73132
9	0,71563416	0,0572858	0,3591114	70,83333333	0,77292
10	0,48166839	0,0769716	0,4825169	79,16666667	1,05879
11	1,05952675	-	-	87,5	1,17708
12	0,24538633	0,0042163	0,0264312	95,83333333	1,23833

a) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Januari



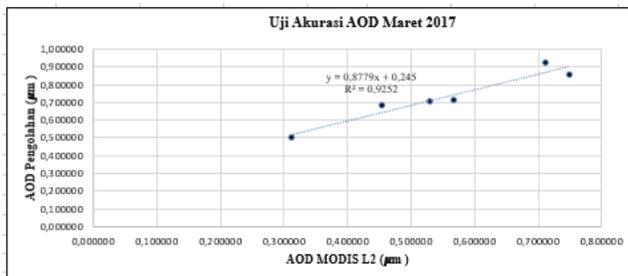
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,170000	0,100437	0,110566	0,010129	0,000103
0,154000	0,129509	0,108649	-0,020859	0,000435
0,057000	0,098316	0,097029	-0,001287	0,000002
0,005000	0,097137	0,090799	-0,006338	0,000040
0,078000	0,094849	0,099544	0,004695	0,000022
0,090000	0,087427	0,100982	0,013555	0,000184
RMSE				0,011441

b) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Februari



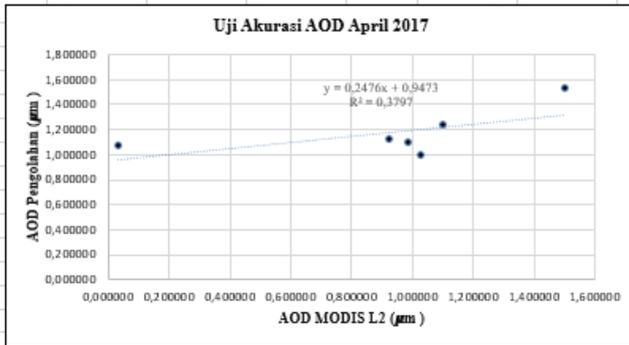
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,492240	0,596443	0,532206	-0,064237	0,004126
0,458990	0,523292	0,503525	-0,019768	0,000391
0,608002	0,614334	0,632063	0,017729	0,000314
0,311830	0,303791	0,376585	0,072793	0,005299
0,779103	0,755665	0,779655	0,023990	0,000576
0,374168	0,460450	0,430357	-0,030093	0,000906
RMSE				0,043991

c) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Maret



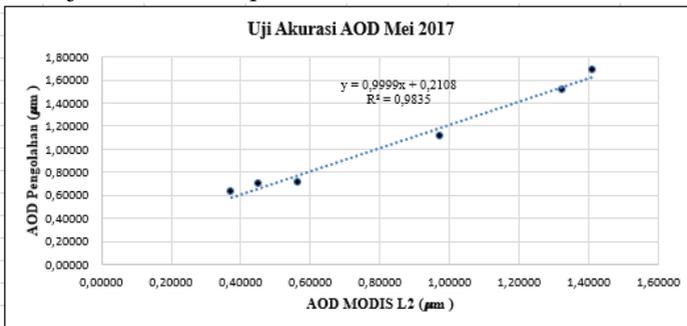
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,711029	0,926207	0,869213	-0,056995	0,003248
0,311120	0,499936	0,518133	0,018197	0,000331
0,454819	0,683907	0,644286	-0,039622	0,001570
0,529401	0,708612	0,709761	0,001150	0,000001
0,567991	0,712805	0,743640	0,030834	0,000951
0,749244	0,856445	0,902761	0,046316	0,002145
RMSE				0,037073

d) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan April



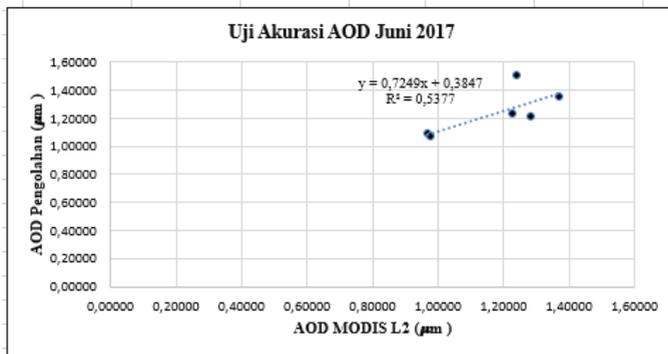
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,923041	1,127505	1,247697	0,120192	0,014446
1,099920	1,237830	1,300336	0,062506	0,003907
0,030289	1,069036	0,982014	-0,087022	0,007573
1,028882	0,991484	1,279195	0,287711	0,082778
0,987778	1,097385	1,266963	0,169578	0,028757
1,499103	1,539222	1,419133	-0,120089	0,014421
RMSE				0,159103

e) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Mei



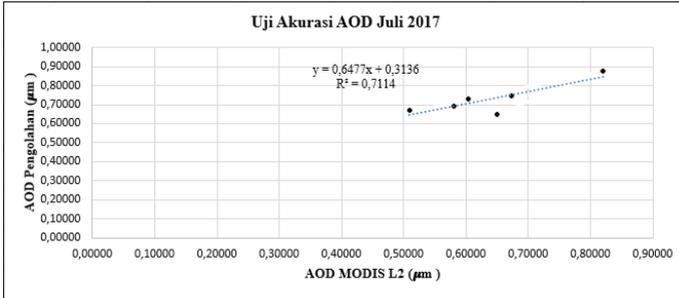
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,37193	0,63098	0,582692	-0,04828	0,00233
0,44991	0,69483	0,6606652	-0,03417	0,00117
1,40992	1,68974	1,6205791	-0,06916	0,00478
0,97092	1,11205	1,1816250	0,06958	0,00484
1,32248	1,51056	1,5331463	0,02259	0,00051
0,56348	0,71457	0,7742224	0,05965	0,00356
RMSE				0,05353

f) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Juni



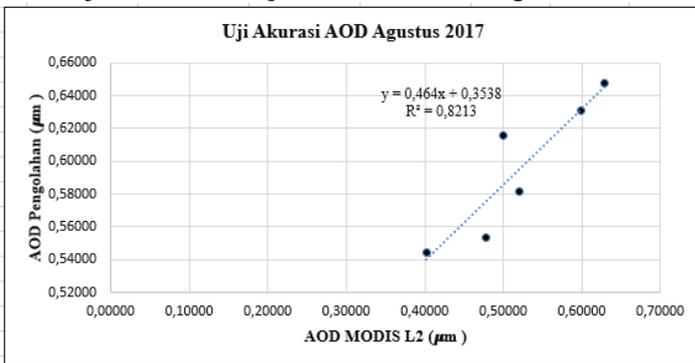
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,96729	1,08680	1,0858876	-0,00091	0,00000
0,97762	1,06387	1,0933754	0,02950	0,00087
1,28401	1,20631	1,3154788	0,10917	0,01192
1,22622	1,22430	1,2735890	0,04929	0,00243
1,36889	1,34811	1,3770112	0,02890	0,00084
1,24168	1,50059	1,2847931	-0,21579	0,04657
RMSE				0,10216

g) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Juli



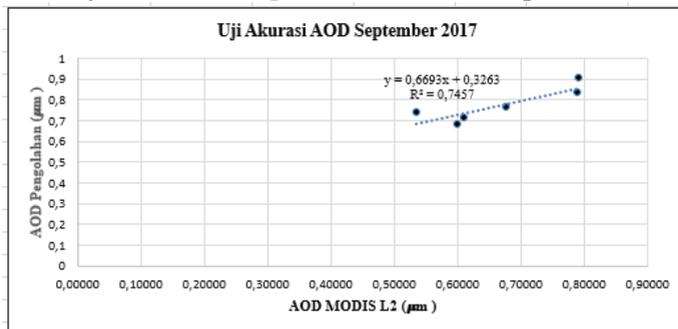
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,67300	0,74654	0,74950	0,00296	0,00001
0,50924	0,67054	0,64343	-0,02711	0,00073
0,58000	0,69005	0,68927	-0,00078	0,00000
0,60299	0,73227	0,70416	-0,02811	0,00079
0,81999	0,87517	0,84471	-0,03046	0,00093
0,64899	0,65025	0,73395	0,08371	0,00701
RMSE				0,03973

h) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Agustus



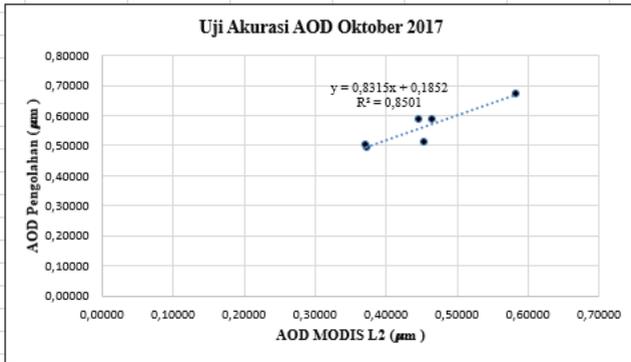
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,50003	0,61595	0,5858130	-0,03013	0,0009102
0,47800	0,55360	0,5755929	0,02199	0,0004800
0,40211	0,54459	0,5403796	-0,00421	0,0000221
0,52041	0,58161	0,5952722	0,01366	0,0001924
0,62884	0,64780	0,6455834	-0,00222	0,0000007
0,59932	0,63112	0,6318856	0,00077	0,0000018
RMSE				0,01634

i) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan September



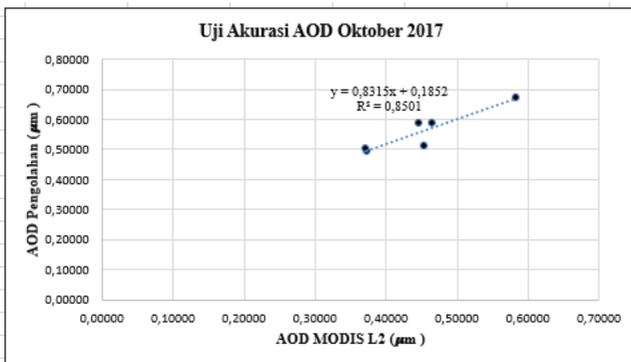
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,79038	0,83557	0,855303	0,01973	0,00039
0,67667	0,76267	0,779193	0,01651	0,00027
0,61019	0,71128	0,734701	0,02342	0,00055
0,59971	0,68359	0,727686	0,04409	0,00194
0,53516	0,74149	0,684483	-0,05701	0,00325
0,79201	0,90289	0,856393	-0,04650	0,00216
RMSE				0,03779

j) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan September



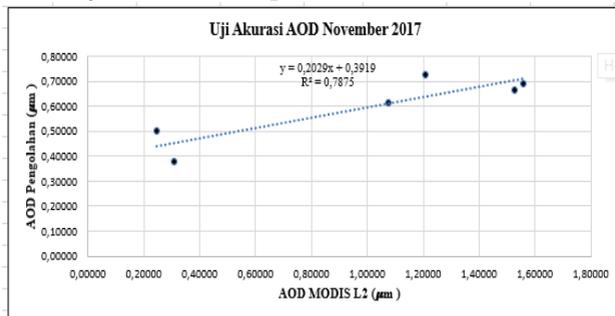
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,37410	0,49200	0,49626407	0,00426	0,00002
0,45459	0,51300	0,56318812	0,05019	0,00252
0,37186	0,50300	0,49440495	-0,00860	0,00007
0,44556	0,58500	0,55568010	-0,02932	0,00086
0,46589	0,58500	0,57259093	-0,01241	0,00015
0,58301	0,67381	0,66997281	-0,00384	0,00001
RMSE				0,02463

k) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Oktober



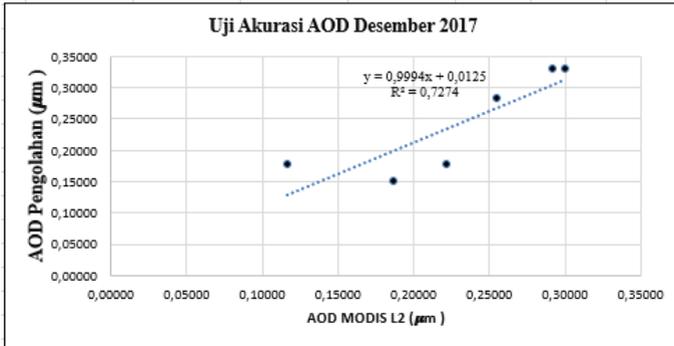
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,37410	0,49200	0,496264072	0,00426	0,00002
0,45459	0,51300	0,56318812	0,05019	0,00252
0,37186	0,50300	0,494404956	-0,00860	0,00007
0,44556	0,58500	0,555680109	-0,02932	0,00086
0,46589	0,58500	0,572590932	-0,01241	0,00015
0,58301	0,67381	0,669972815	-0,00384	0,00001
RMSE				0,02463

1) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan November



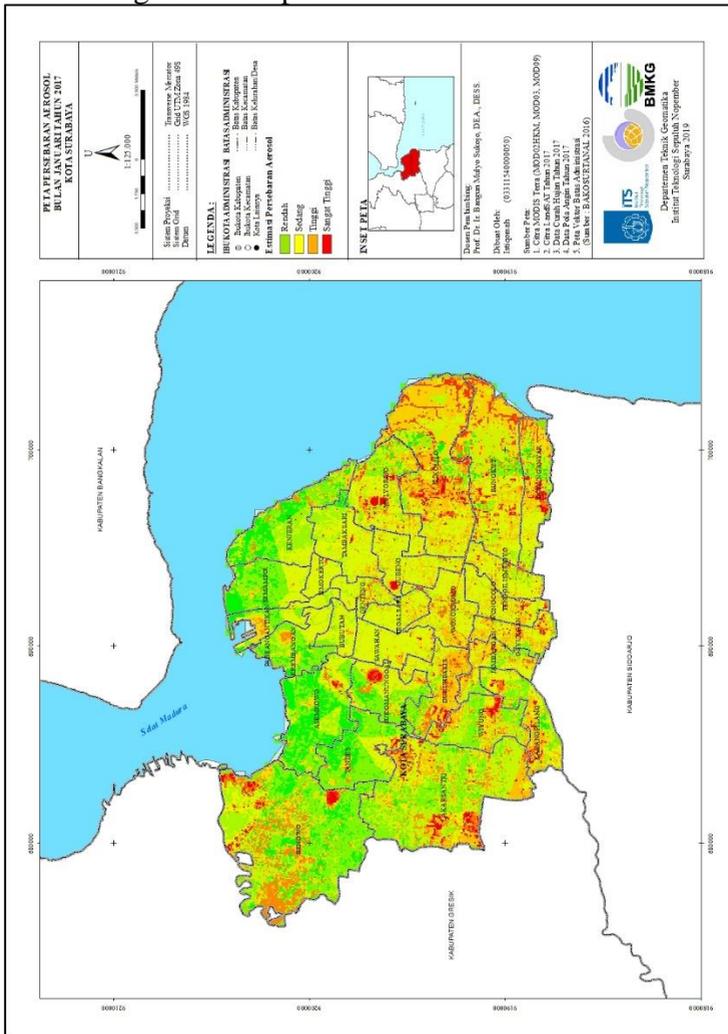
AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,30907	0,37414	0,4546094	0,08046	0,00647
0,24700	0,49665	0,4420163	-0,05464	0,00299
1,07579	0,61105	0,6101781	-0,00087	0,00000
1,21049	0,72270	0,6375078	-0,08519	0,00726
1,52712	0,66208	0,7017518	0,03967	0,00157
1,55878	0,68763	0,7081759	0,02055	0,00042
RMSE				0,05585

m) Nilai Uji *Root Mean Square Error* Bulan Desember

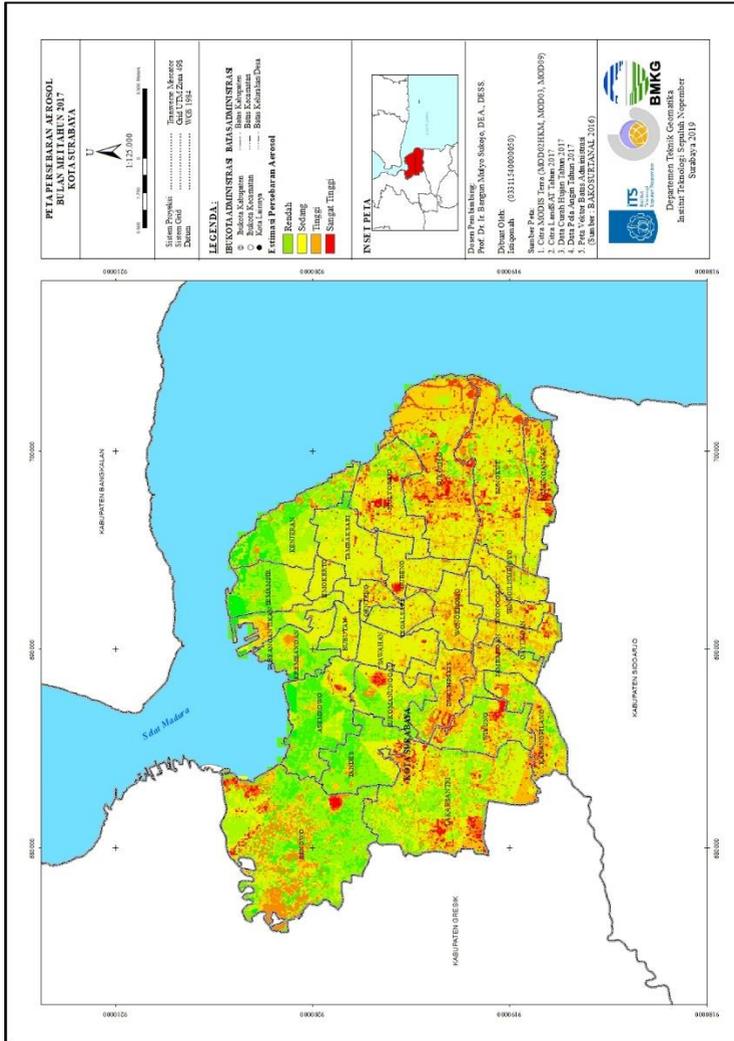


AOD L2	AOD Pengolahan	Model	Residual	Square Residual
0,11637	0,17800	0,128804	-0,04920	0,00242
0,22198	0,17800	0,234343	0,05634	0,00317
0,18730	0,15100	0,199683	0,04868	0,00237
0,29990	0,32900	0,312223	-0,01678	0,00028
0,25524	0,28200	0,267587	-0,01441	0,00021
0,29220	0,32900	0,304525	-0,02447	0,00060
RMSE				0,03884

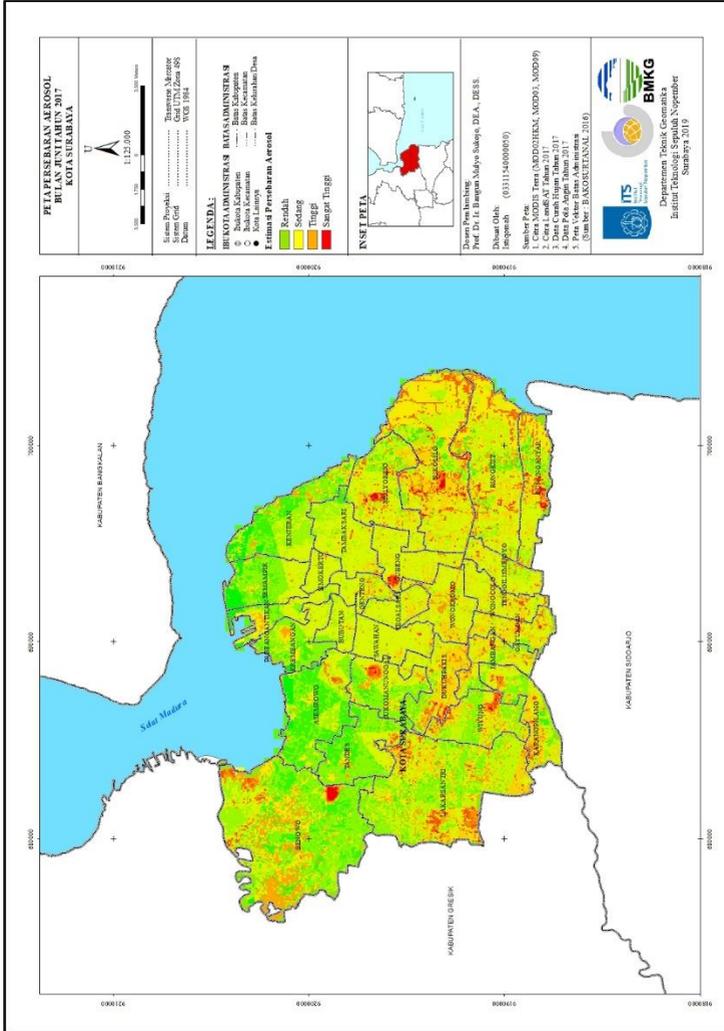
Lampiran 13 Peta Persebaran Aerosol dengan Aspek Meteorologi dan Tutupan Lahan



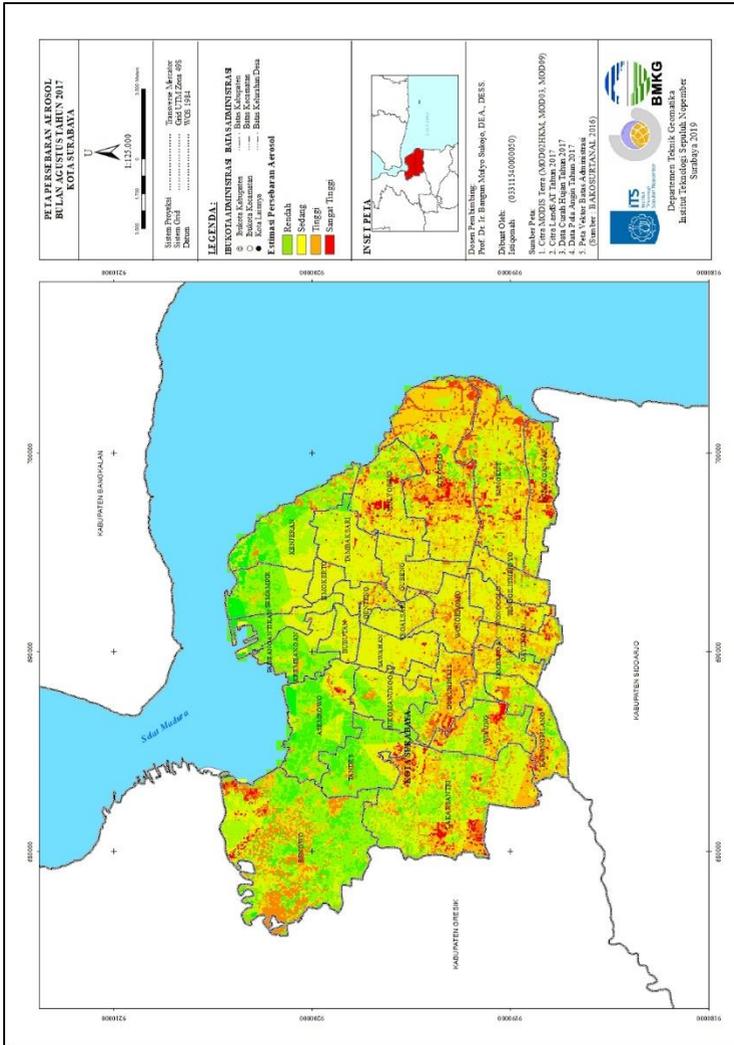
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



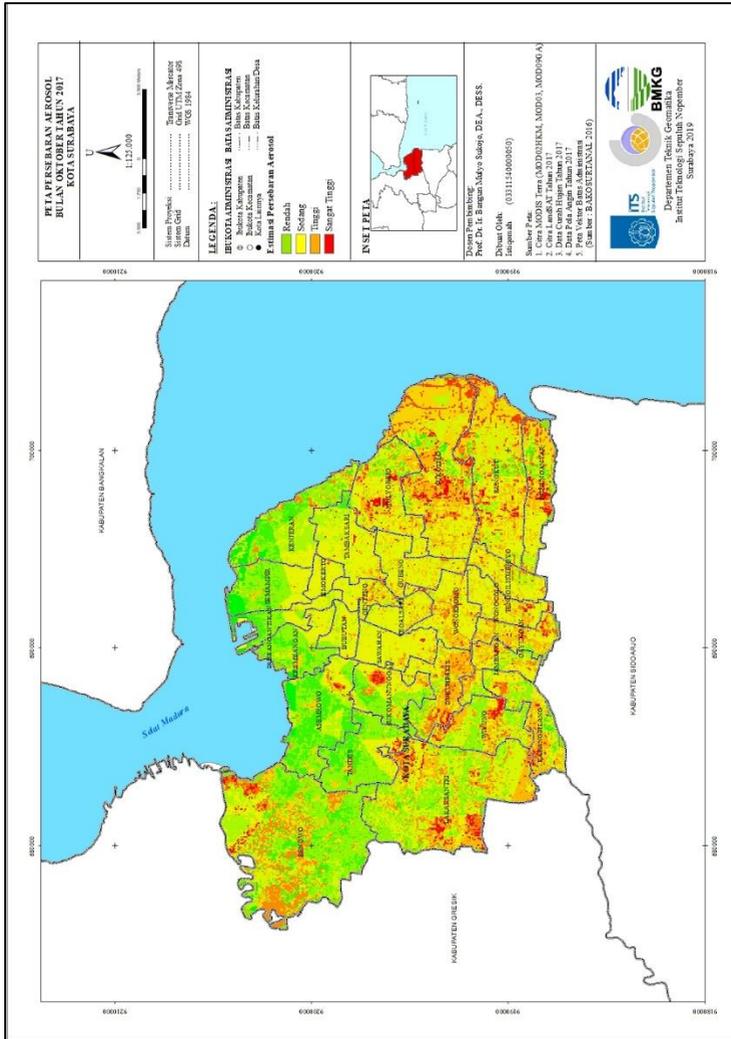
Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3



Catatan: Peta ini dicetak dalam ukuran A3

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Istiqomah biasa dipanggil Ismah/Isti dilahirkan di Kota Sidoarjo tanggal 01 Januari 1997. Penulis bertempat tinggal di Desa Sono RT3/RW4 Kecamatan Buduran Kabupaten Sidoarjo. Penulis telah menempuh Pendidikan formal antara lain TK Darussalam kemudian melanjutkan Pendidikan SD Negeri Sidokerto pada tahun 2003 – 2009, melanjutkan di SMPN 2 Buduran dan SMAN 1 Porong (lulus pada tahun 2015). Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama di bangku kuliah, penulis cukup aktif pada organisasi kampus dan non kampus diantaranya sebagai Staff Departemen Keprofesian dan Keilmiahan HIMAGE periode 2016/2017, Anggota PSHT ITS 2015 hingga sekarang, koordinator acara Turnamen Pencak Silat PSHT se-Surabaya “ITS-Cup4” tahun 2015. Sedangkan organisasi non kampus penulis aktif pada komunitas SSC (*Save Street Child*) di Sidoarjo dari tahun 2014 hingga sekarang. Pelatihan yang diikuti penulis diantaranya LKMM Pra-TD, PSI 1, dan beberapa pelatihan keahlian. Penulis pernah melakukan kerja praktek/magang di instansi PUSTEKDATA-LAPAN. Pada tugas akhirnya, penulis mengambil bidang keahlian Penginderaan Jauh dengan judul “Analisis Persebaran Aerosol Menggunakan MODIS AOD (*Aerosol Optical Depth*) dengan SARA (*Simplified highresolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm*) untuk Monitoring Kualitas Udara Tahun 2017 (Studi Kasus: Surabaya)”.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”