

ESTIMASI AEROSOL OPTICAL DEPTH (AOD) SECARA TIME SERIES MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MODIS (STUDI KASUS: PULAU JAWA)

TEODORA TUPA LEWAR¹, SONI DARMAWAN¹

1. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Email: lewarteodora@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran udara di Indonesia, khususnya Pulau Jawa merupakan daerah terburuk dalam kategori kualitas lingkungan secara nasional. Penilaian ini didasarkan pada pengukuran kualitas udara di Pulau Jawa. Pencemaran udara salah satu yang berbahaya akibat emisi kendaraan adalah aerosol. Besarnya pengaruh aerosol terhadap radiasi dapat dinyatakan dalam Aerosol Optical Depth (AOD). Aerosol Optical Depth (AOD) merupakan pengukuran jumlah sinar yang terhamburkan atau terserap oleh partikel di udara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan nilai dan persebaran spasial AOD secara Time Series di Pulau Jawa selama kurun waktu 10 tahun dari tahun 2012-2021. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah single view method dengan menggunakan citra satelit MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Hasil uji statistik nilai AOD bahwa Dark Target (DT) 0,55 dari data MODIS AOD MCD19A2 dengan resolusi spasial 1 km dan resolusi temporal 1 hari memiliki performa yang baik dalam menampilkan nilai AOD di Pulau Jawa dengan nilai uji statistik didapat nilai rata-rata dari data harian, bulanan, dan nilai standar deviasi pada setiap tahunnya. Hasil dari nilai AOD di Pulau Jawa pada tahun 2015 lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai AOD di Pulau Jawa pada tahun 2016. Bulan Juni tahun 2015 nilai rata-rata tertinggi AOD di Pulau Jawa mencapai 0,13237785 mikrometer sedangkan nilai rata-rata terendah pada bulan Januari tahun 2016 sebesar 0,11686589 mikrometer.

Kata kunci: *Aerosol, Aerosol Optical Depth (AOD), Remote Sensing, MODIS*

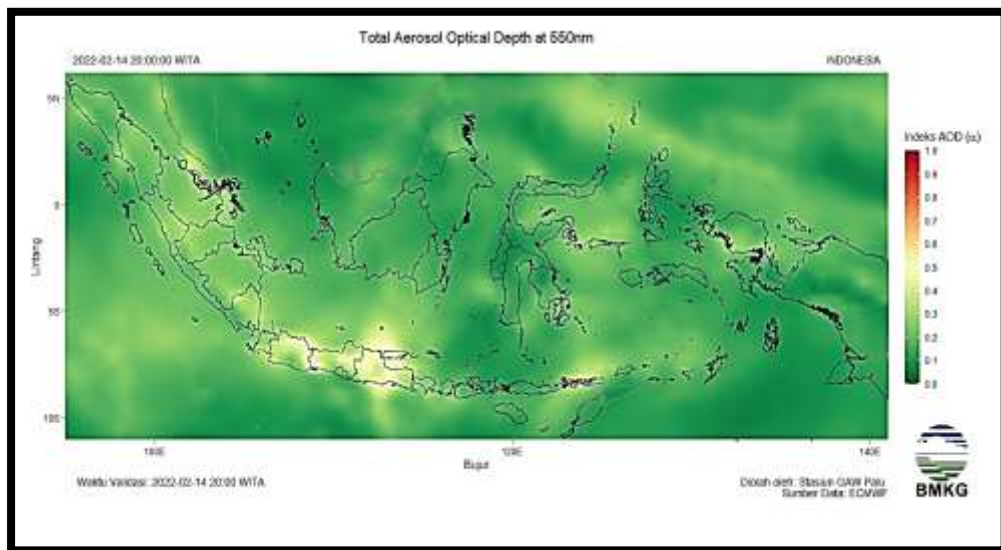
1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi ini, masalah yang dihadapi oleh dunia adalah permasalahan lingkungan, dimana fenomena pemanasan global yang disebabkan oleh emisi gas rumah kaca yang meliputi sektor transportasi, industri dan domestik di wilayah perkotaan. Pencemaran udara di Indonesia, khususnya pulau Jawa merupakan daerah terburuk dalam kategori kualitas lingkungan secara nasional. Penilaian ini didasarkan pada pengukuran kualitas udara (Marcello dkk., 2021).

Menurut Badan Pusat Statistik (2020) mencatat bahwa jumlah kendaraan bermotor di pulau Jawa mencapai 136.130.000 unit kendaraan. Di Pulau Jawa terdapat banyak industri, limbah industri tersebut juga menyebabkan meningkatnya pencemaran udara (Zhou, 2010). Pencemaran udara salah satu yang berbahaya akibat emisi kendaraan adalah aerosol. Aerosol merupakan

komponen yang paling penting dan sebagai penentu pengaruh yang bersifat global atau regional terhadap *climate change*, kualitas udara, kesehatan manusia, flora dan fauna baik radiasi aerosol itu sendiri secara langsung dan tidak langsung, selain itu bisa teradiasi secara langsung pada proses koreksi piksel awan, ketersediaan variasi. Aerosol ada di atmosfer dalam konsentrasi yang sangat bervariasi dalam ruang dan waktu dengan berbagai ukuran, komposisi, sifat optik dan kimia. Secara umum ukuran partikel aerosol adalah dalam kisaran 0,001 hingga 100 micrometer (μm) antropogenik (International Laboratory for Air Quality and Health, 2004). Besarnya pengaruh aerosol terhadap radiasi dapat dinyatakan dalam *Aerosol Optical Depth* (AOD) (Boucher, 2015).

Aerosol Optical Depth (AOD) yang ada di atmosfer berupa hamburan dan penyerapan aerosol dari permukaan ke atas atmosfer dan parameter penting untuk degradasi visibilitas akibat polusi yang ada atmosfer, radiasi matahari, efek iklim, dan koreksi troposfer dalam penginderaan jauh (Wei dkk., 2019). Akhir-akhir ini satelit remote sensing dan pengamatan ground-based menjadi sering digunakan dalam memantau analisis persebaran pola spasial dan temporal. Salah satu instrumen satelit yaitu *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), Multi-angle Imaging Spectroradiometer (MISR) digunakan untuk memantau nilai aerosol di wilayah tertentu dan global menyediakan data jangka panjang dan kontinu untuk studi (Hersey dkk., 2015), yang dapat ditunjukkan pada Gambar 1.1 dibawah ini.



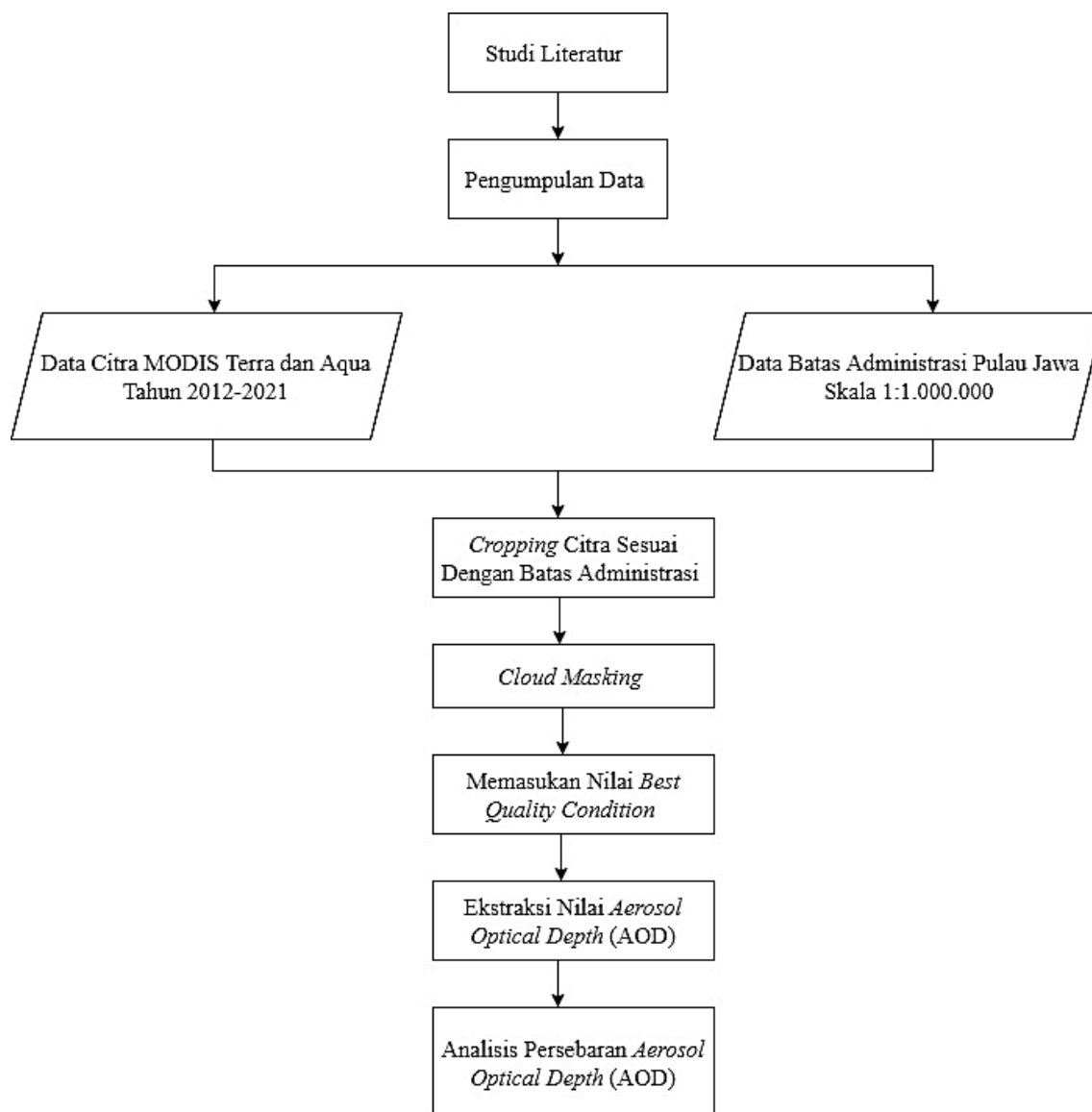
Gambar 1.1 Indeks *Aerosol Optical Depth* (AOD) Di Indonesi (Sumber: BMKG, 2022)

Adapun penelitian sebelumnya Hari Kurniawan (2021) meneliti analisis persebaran aerosol sebelum dan saat PSBB untuk pemantauan kualitas udara Kota Surabaya menggunakan MODIS AOD dengan algoritma SARA (*Simplified Aerosol Retrieval Algorithm*) dari data MODIS dengan resolusi spasial tinggi (500m) dimana adanya penurunan tingkat pencemaran udara Kota Surabaya sejak dimulai Pemberlakuan Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB). Menurut Albert Marcello (2021) penelitian pantauan satelit persebaran Aerosol Optical Depth (AOD) di pulau Jawa wilayah Barat pada era pandemi Covid-19 memberikan analisis sebelum dan saat terjadinya pandemi menggunakan data satelit. Menurut Sheila Kusumaning (2009) pemanfaatan data MODIS untuk mengukur suhu permukaan bumi dalam rangka pemantauan pemanasan global untuk ekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional bahkan global. Dengan wilayah cakupan luas yakni 2330 km dan resolusi spasial 250 m, 500 m dan 1000 m serta resolusi spektral tinggi yakni 36 kanal, maka diharapkan MODIS mampu menampilkan citra satelit untuk wilayah luas dan

waktu pengamatan maksimal. Menurut Sylvania Pratiwi (2020) penelitian analisis persebaran polutan di DKI Jakarta dengan menggunakan data satelit tahun 2014-2018 dan data pengamatan langsung pada tahun 2014-2018. Dalam penelitian ini yang berjudul “Estimasi Aerosol *Optical Depth* (AOD) Secara *Time Series* Menggunakan Citra Satelit MODIS” dengan studi kasus di Pulau Jawa, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan nilai AOD dan persebaran spasial AOD dengan metode yang digunakan *single view method*, menggunakan *platform Google Earth Engine* (GEE) dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2021.

2. METODOLOGI

Adapun tahapan dalam pelaksanaan pengolahan data penelitian disajikan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Pengolahan Data

Tahapan pengolahan citra terdiri dari beberapa tahapan yakni: pengumpulan data, *cropping* citra sesuai dengan batas administrasi yaitu Pulau Jawa, *cloud masking*, memasukan nilai *best quality condition*, ekstraksi nilai AOD, selanjutnya analisis persebaran AOD.

2.2 Data dan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Data Penelitian

No.	Jenis Data	Keterangan	Sumber
1.	Citra Satelit MODIS	Tahun 2012 – 2021	Platform <i>Google Earth Engine</i> (GEE) (https://code.earthengine.google.com/)
2.	Batas Administrasi Pulau Jawa	Skala 1: 1.000.000	Badan Informasi Geospasial (BIG) (www.tanahair.indonesia.go.id)

Tempat pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di wilayah Pulau Jawa. Dimana Pulau Jawa terletak di antara $7^{\circ}50'10''$ - $7^{\circ}56'41''$ Lintang Selatan (LS) dan $113^{\circ}48'10''$ - $113^{\circ}48'26''$ Bujur Timur (BT). Pulau Jawa memiliki luas sekitar 126.700 km².



Gambar 2.2 Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth., 2022)

2.3 Tahap Identifikasi, Kelayakan, dan Penyajian

Adapun tahapan penelitian ini secara garis besar, yaitu:

1. Pengumpulan Data

Pada Gambar 1.2 menunjukkan diagram alir yang digunakan untuk menganalisis nilai *Aerosol Optical Depth* (AOD). Berdasarkan pengumpulan data berupa data citra satelit MODIS Terra dan Aqua selama 10 tahun yakni selang waktu tahun 2012, tahun 2013, tahun 2014, tahun 2015,

tahun 2016, tahun 2017, tahun 2018, tahun 2019, tahun 2020, dan sampai dengan tahun 2021 . Selain data citra MODIS, dibutuhkan data untuk batas administrasi Pulau Jawa untuk area yang diteliti.

2. *Cropping Citra*

Tahapan ini melakukan seleksi data citra dengan pemotongan citra sesuai dengan area yang akan dikerjakan berdasarkan batas administrasi yaitu Pulau Jawa dengan skala 1:1.000.000 yang didapat dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Sehingga didapat data citra hasil *Cropping* Pulau Jawa.

3. *Cloud Masking*

Dalam tahapan ini akan dilakukan tahap mengurangi pixel awan yang menutupi area yang akan diteliti. Dalam pengolahan data dapat terlihat ada awan yang menutupi area lapisan tanah cukup besar karena Indonesia memiliki iklim tropis dengan kondisi awan yang bisa dikatakan selalu ada setiap hari. Menghapus piksel berawan dengan cara menggunakan kondisional (*cloud_fraction* > 0.5)

4. *Best Quality Condition*

Menggunakan nilai pancaran yang terbaik dari sensor satelit MODIS Terra dan Aqua menuju permukaan tanah yang dipantulkan kembali dari objek yang berada di permukaan tanah menuju atmosfer dengan menggunakan kualitas terbaik untuk QA (Quality Air) (band AOD = 0) pada data *Aerosol Optical Depth* (AOD).

5. *Ekstraksi Nilai Aerosol Optical Depth*

Melakukan ekstraksi data harian dengan mosaik untuk menghindari tumpang tindih pada area yang akan diteliti. Menghitung data bulanan AOD spasial temporal dengan melakukan perhitungan nilai rata-rata pada data harian. Data AOD kualitas terbaik dapat dilakukan *masking* atau penyamaran dengan melakukan penilaian kualitas AOD (AOD_QA) untuk menghasilkan gambar data AOD bulanan yang terbaik. Dari hasil pengolahan yang didapat nilai *Aerosol Optical Depth* (AOD) kemudian diekstraksi nilai rata-rata dari data harian, bulanan, pada setiap tahunnya.

6. *Analisis Persebaran Aerosol Optical Depth*

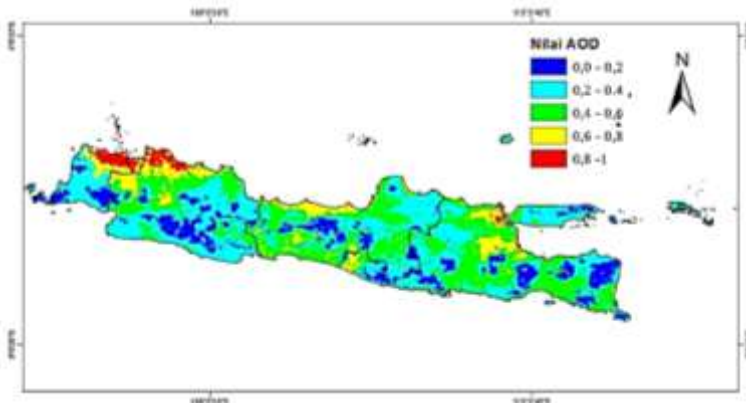
Melakukan penyajian dalam analisis penilaian terhadap nilai AOD berdasarkan pola penyebaran yang memiliki sifat tertentu, baik dalam bentuk grafik atau diagram, ukuran, dan trend dari penyebaran data AOD berdasarkan nilai rata-rata dari data harian, bulanan pada setiap tahunnya. Untuk menghasilkan inovasi dalam metodologi dengan melakukan bahasa pemrograman *javascript* dalam platform *Google Earth Engine* (GEE) yang dibangun untuk secara otomatis analisis citra AOD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

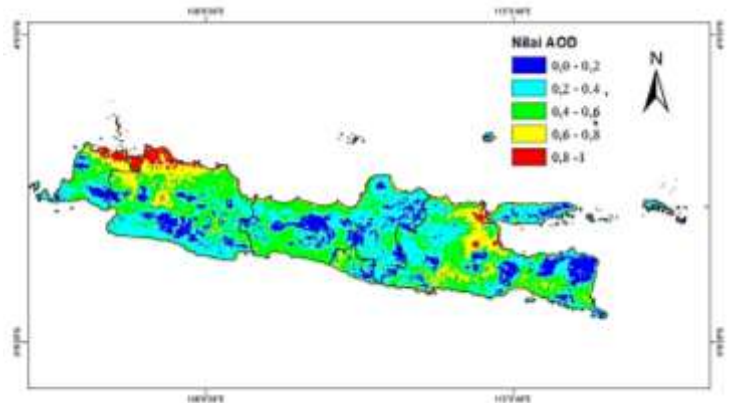
3.1 Hasil Pengolahan Sebaran Spasial *Aerosol Optical Depth* (AOD)

Hasil pengolahan sebaran spasial *Aerosol Optical Depth* (AOD) secara *time series* di Pulau Jawa, yang didapat dari pengolahan citra satelit MODIS dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2021 dengan menggunakan metode *single view method*. Hasil persebaran spasial nilai AOD yang didapat dari pengolahan citra MODIS pada tahun 2012 di wilayah penelitian Pulau Jawa menunjukkan bahwa AOD tertinggi pada bulan Juli 2012 dan AOD terendah pada bulan Juni 2012. Pada tahun 2013 menunjukkan bahwa AOD tertinggi pada bulan November 2013 dan AOD terendah pada September. Pada tahun menunjukkan bahwa AOD tertinggi pada bulan Juli 2014 dan AOD terendah pada bulan Mei 2014. Pada tahun 2015 menunjukkan bahwa AOD tertinggi pada bulan Juni 2015 dan AOD terendah pada bulan Mei 2015. Pada tahun 2016 menunjukkan bahwa

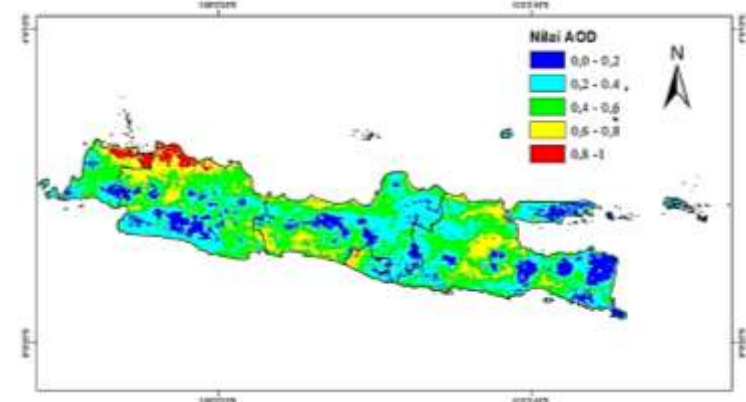
AOD tertinggi pada bulan Juni 2016 dan AOD terendah bulan Januari 2016. Pada tahun 2017 menunjukan bahwa AOD tertinggi pada bulan Mei 2017 dan AOD terendah bulan Desember 2017. Pada tahun 2018 menunjukan bahwa AOD tertinggi pada bulan Agustus 2018 dan AOD terendah bulan Juli 2018. Pada tahun 2019 menunjukan bahwa AOD tertinggi pada bulan Januari 2019 dan AOD terendah bulan Juni 2019. Pada tahun 2020 menunjukan bahwa AOD tertinggi pada bulan Agustus 2020 dan AOD terendah bulan Januari 2020. Pada tahun 2021 menunjukan bahwa AOD tertinggi pada bulan September 2021 dan AOD terendah bulan Desember 2021. Dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.



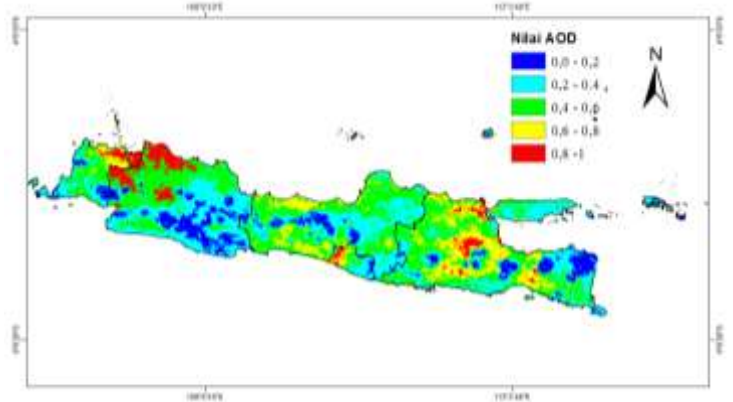
3.1 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2012



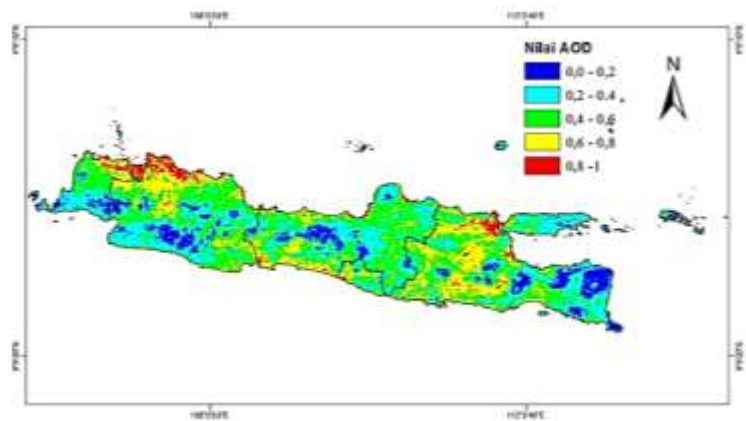
3.2 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2013



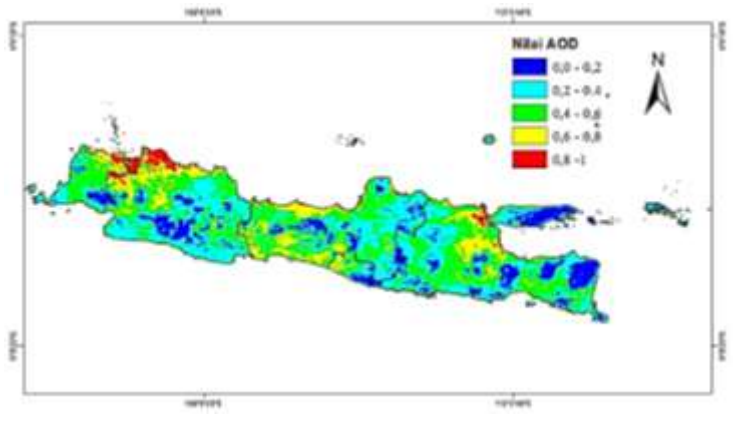
3.3 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2014



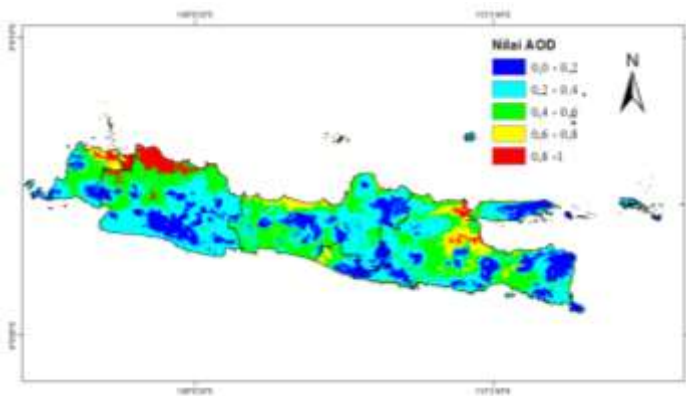
3.4 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2015



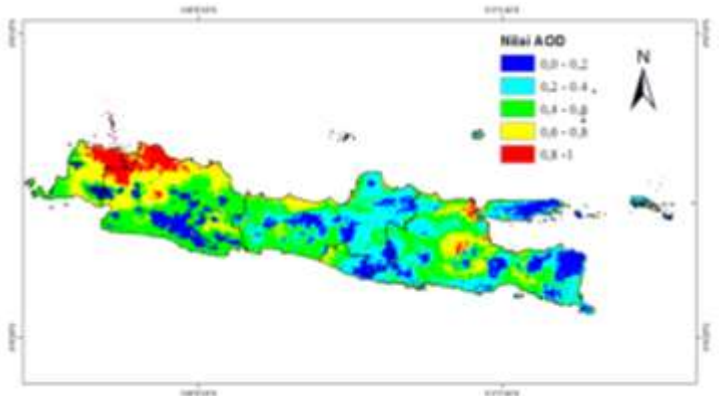
3.5 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2016



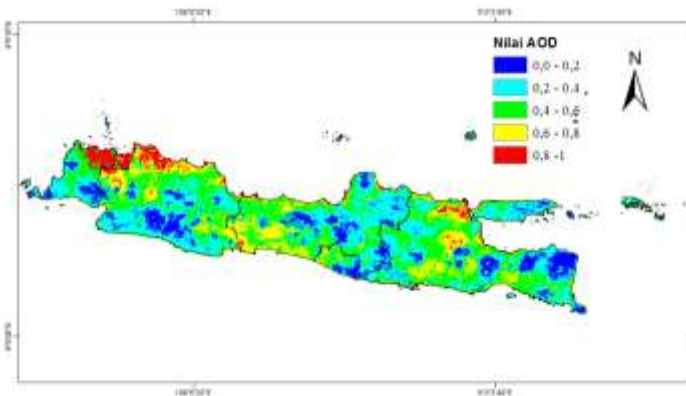
3.6 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2017



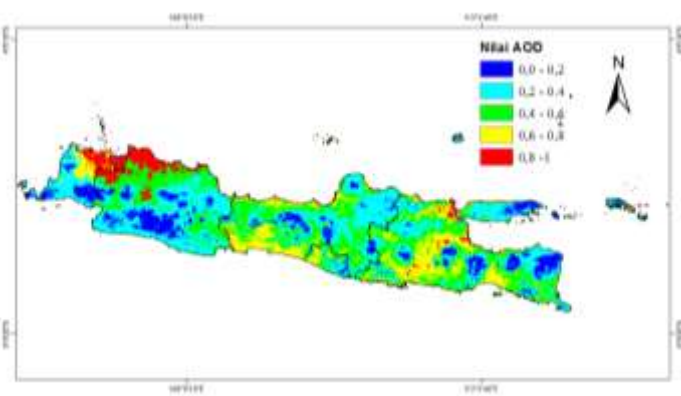
3.7 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2018



3.8 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2019



3.9 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2020



3.10 Hasil Sebaran Spasial AOD Tahun 2021

3.2 Analisis Aerosol Optical Depth (AOD)

Aerosol memiliki beberapa parameter seperti *Aerosol Optical Depth* (AOD), parameter tersebut merepresentasikan keadaan dari aerosol di atmosfer dan digunakan sebagai data masukan untuk pengklasifikasian aerosol yang ada di Indonesia berdasarkan metode yang digunakan (Kim, 2007). Pulau Jawa memiliki 6 Provinsi yaitu Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, DKI Jakarta, Banten, dan DI Yogyakarta dimana pertumbuhan kepadatan penduduk yang tinggi dan sangat cepat, terdapat pertumbuhan industri, perubahan fungsi alih lahan dan jasa yang semakin berkembang dan kondisi lalu lintas yang terjadi membawa pengaruh terhadap kondisi alam dan iklim tropis yang dimiliki Indonesia, terutama penurunan kualitas udara diakibatkan oleh adanya aerosol yang dihasilkan dari kegiatan industri dan emisi kendaraan.

3.2.1 Analisis Aerosol Optical Depth (AOD) Berdasarkan Nilai Rata-rata dan Standar Deviasi Pertahun

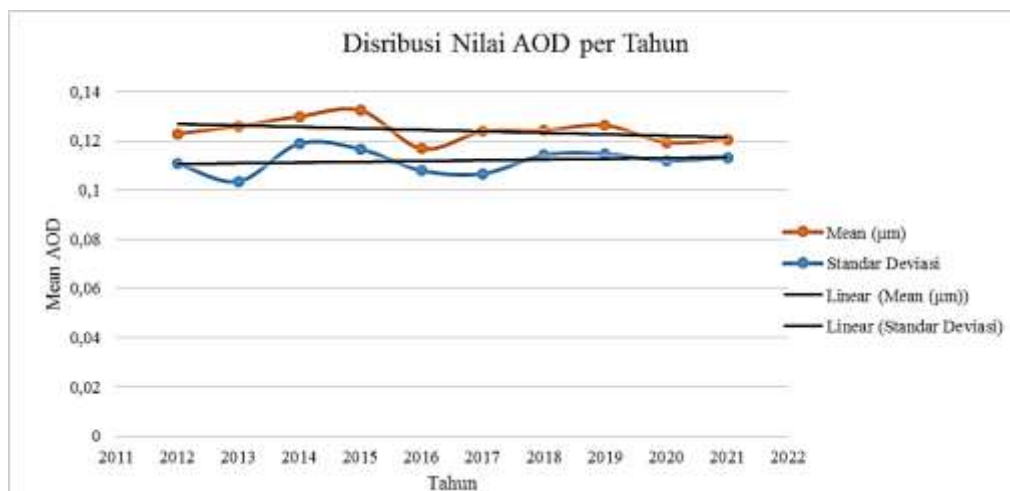
Penelitian terkait *Aerosol Optical Depth* (AOD) telah dilakukan dalam skala lokal, regional, dan global. Penelitian ini memanfaatkan permasalahan yakni kurangnya penelitian nilai AOD secara regional khususnya Pulau Jawa. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh persebaran AOD di Pulau Jawa dan membandingkan persebaran dalam kurun waktu 10 tahun dari tahun 2012-2021. Penelitian ini menggunakan *single view method* dengan algoritma Dark Target (DT) 0,55 dari data MODIS AOD MCD19A2 dengan resolusi spasial 1 km dan resolusi temporal 1 hari. Hasil

uji statistik nilai AOD bahwa Dark Target (DT) 0,55 memiliki performa yang baik dalam menampilkan nilai AOD di Pulau Jawa dengan nilai uji statistik didapat nilai rata-rata dari data harian, bulanan, dan nilai standar deviasi pada setiap tahunnya. Nilai rata-rata AOD tahun 2012 sampai dengan 2021 dapat ditunjukkan pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Mean AOD Per-Tahun

Tahun	Mean (μm)	Standar Deviasi(μm)
2012	0,12298769	0,110741171
2013	0,12602691	0,103580898
2014	0,12995371	0,118949311
2015	0,13237785	0,116645333
2016	0,11686589	0,10795346
2017	0,12382336	0,106721692
2018	0,12433762	0,114276057
2019	0,12632013	0,114758832
2020	0,11947596	0,111991112
2021	0,12069967	0,113256322

Berdasarkan Gambar 3.11 bahwa nilai AOD di Pulau Jawa mengalami fluktuasi atau naik turun dimana nilai AOD di Pulau Jawa pada tahun 2015 lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai AOD di Pulau Jawa pada tahun 2016. Bulan Juni tahun 2015 nilai rata-rata tertinggi AOD di Pulau Jawa mencapai $0,13237785\mu\text{m}$ sedangkan nilai rata-rata terendah pada bulan Januari tahun 2016 sebesar $0,11686589\mu\text{m}$.



Gambar 3.1 Mean AOD Per-Tahun

Tingginya nilai AOD pada bulan Juni tahun 2015 karena pada bulan tersebut merupakan puncak terjadinya musim kemarau di Pulau Jawa yang diduga berpengaruh terhadap jumlah aerosol yang ada di atmosfer sehingga di Pulau Jawa terjadi musim kemarau yang lebih kering dan panjang. Hal tersebut juga dilihat berdasarkan data curah hujan pada bulan Juni sangat rendah bila dibandingkan pada bulan Januari tahun 2016.

Pada musim penghujan AOD cenderung mempunyai nilai lebih rendah dibandingkan dengan nilai AOD pada musim kemarau. Karena pada saat musim hujan terjadi proses kondensasi aerosol dengan uap air yang dilakukan oleh hujan. Sedangkan pada musim kemarau aerosol yang berada di atmosfer menyerap sinar matahari dan terperangkap dalam partikel aerosol tersebut sehingga sifat aerosol pada musim kemarau memanaskan bumi. Besar kecilnya nilai AOD dipengaruhi oleh banyak sedikitnya aerosol yang ada di atmosfer. Dimana nilai AOD secara tidak langsung menggambarkan interaksi antara aerosol yang terdapat di atmosfer dengan radiasi sinar matahari yang menuju ke permukaan bumi. Semakin besar nilai AOD maka semakin besar konsentrasi aerosol yang ada di atmosfer, sehingga mengakibatkan semakin banyak juga interaksi antara aerosol dengan radiasi sinar matahari (Puruitaningrum, 2010).

Telah disebutkan bahwa nilai rata-rata sampel merupakan variabel acak sehingga mempunyai distribusi sendiri (Jaya, Saftri., 2013) Menurut Dalil batas memusat, jika populasi terdistribusi secara normal, rata-rata sampel yang banyak tersebut juga akan terdistribusi secara normal. Distribusi rata-rata sampel adalah distribusi sampling atau tepatnya distribusi sampling rata-rata. Distribusi sampling rata-rata merupakan distribusi normal, yang berbentuk lonceng, simetris dan memiliki rata-rata dan standar deviasi (Jaya, Saftri., 2013). Menurut Hidayat dkk (2019) sebuah standar deviasi dari kumpulan data sama dengan nol menandakan bahwa semua nilai dalam himpunan tersebut adalah sama, sedangkan nilai standar deviasi yang lebih besar menunjukkan bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata. Pada Gambar 3.11 menunjukkan grafik nilai AOD dari tahun 2012 sampai 2021 bahwa distribusi nilai rata-rata AOD secara normal dengan nilai standar deviasi mendekati nilai nol menandakan bahwa nilai standar deviasi memiliki kesamaan dengan distribusi nilai rata-rata AOD. Semakin kecil nilai standar deviasi menandakan nilai rata-rata AOD semakin akurat dan sebaliknya semakin besar nilai standar deviasi menandakan nilai rata-rata kurang akurat. Selain itu Gambar 3.11 menunjukkan trend yang mewakili nilai rata-rata AOD dan standar deviasi berupa linear atau garis lurus serta nilai rata-rata AOD dengan standar deviasi memiliki korelasi dengan nilai yang serupa (Ghasempur dkk., 2021).

3.2.2 Analisis Aerosol Optical Depth (AOD) Berdasarkan Tahun Tertinggi

Analisis AOD menunjukkan bahwa nilai rata-rata AOD tertinggi terdapat pada tahun 2015. Meninjau tahun tersebut maka nilai rata-rata AOD perbulan kemudian dihitung yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3.12 dibawah ini. Bulan dengan nilai rata-rata tertinggi yakni pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September dimana bulan tersebut merupakan bulan-bulan musim kemarau, dimana AOD yang berada pada bulan-bulan tersebut menyerap sinar matahari dan terperangkap dalam partikel aerosol itu sendiri di kolom atmosfer sehingga sifat aerosol pada musim kemarau cenderung memanaskan bumi.



Gambar 3.12 Mean AOD Per-bulan Tahun 2015

3.2.3 Analisis Tahun Tertinggi berdasarkan Lokasi

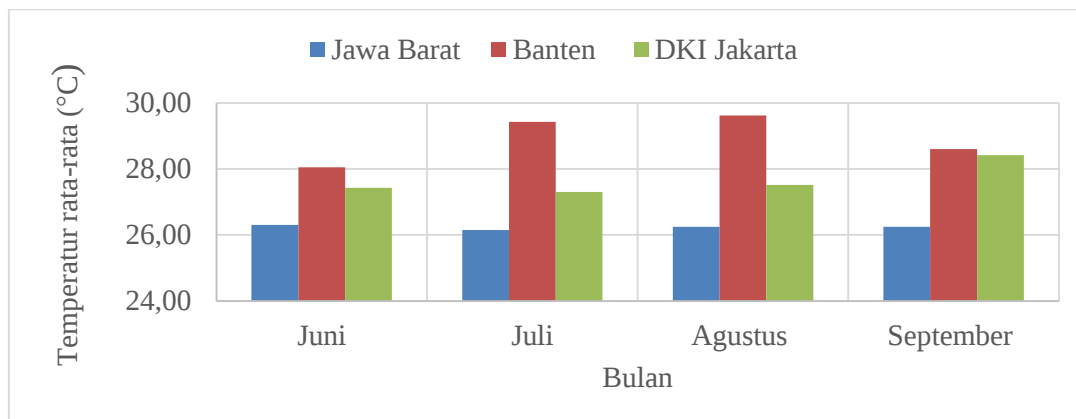
Nilai rata-rata AOD tertinggi ditunjukkan pada tahun 2015 memiliki korelasi berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini menunjukkan luasan lahan hutan dan non hutan, yang dapat dihubungkan dengan Gambar 3.2 hasil persebaran AOD tahun 2015 menunjukkan bahwa nilai rata-rata AOD tinggi berada pada wilayah utara Pulau Jawa yakni Provinsi DKI Jakarta, Banten, Jawa Barat. Nilai rata-rata AOD yang tinggi berasal dari luas tutupan lahan non hutan sebanyak 65 ha di DKI Jakarta, 3063,9 ha di Jawa Barat, 787,8 di Banten.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Luas Penutupan Lahan Hutan dan Non Hutan Menurut Provinsi Tahun 2014-2020 (Ha)

No	Provinsi	2015				
		Hutan		Non Hutan		Jumlah
		Luas Penutupan Lahan (Ribu Ha)	%	Luas Penutupan Lahan (Ribu Ha)	%	
(1)	(2)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	DKI JAKARTA	0,3	0,5	65,0	99,5	65,3
2	JAWA BARAT	634,7	17,2	3 063,9	82,8	3 698,6
3	JAWA TENGAH	1 019,5	29,5	2 437,1	70,5	3 456,6
4	DI YOGYAKARTA	34,3	10,7	285,2	89,3	319,4
5	JAWA TIMUR	1 365,8	28,2	3 471,9	71,8	4 837,7
6	BANTEN	151,4	16,1	787,8	83,9	939,2

(Badan Pusat Statistik,2022)

Sebaran spasial nilai rata-rata AOD tahun 2015 yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 serta melihat *mean* perbulan pada tahun 2015 yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 memiliki korelasi data berdasarkan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yakni nilai rata-rata suhu perbulan tahun 2015 yaitu pada bulan Juni, Juli, Agustus dan September dimana bulan tersebut merupakan bulan-bulan musim kemarau menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu pada bulan-bulan tersebut juga tinggi yang dapat ditunjukkan pada Gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 Nilai Rata-Rata Suhu Pada Bulan dan Lokasi Tertinggi Tahun 2015

Nilai rata-rata suhu pada bulan dan lokasi tertinggi tahun 2015 menunjukkan bahwa pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan September lokasinya dengan nilai tersebut yang tinggi berada pada Provinsi Banten dengan nilai rata-rata suhu bulan juni 28 °C, bulan juli 29 °C, bulan agustus 29

°C dan bulan september 28 °C. Sehingga Nilai rata-rata suhu yang tinggi pada Gambar 3.13 dan Tabel 3.2 luas tutupan lahan non hutan yang tinggi sejalan dengan sebaran spasial nilai rata-rata AOD yang tertinggi pada tahun 2015.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan mengenai *Aerosol Optical Depth* (AOD) sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan *Aerosol Optical Depth* (AOD) di Pulau Jawa menunjukkan nilai rata-rata dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2021 mengalami fluktuasi pada kisaran 0 sampai dengan 1 mikrometer.
2. Hasil uji statistik nilai AOD bahwa DT memiliki performa yang baik dalam menampilkan nilai AOD di Pulau Jawa dengan nilai uji statistik didapat nilai rata-rata nilai AOD dan nilai standar deviasi pertahun dari data AOD harian dan bulanan. Nilai rata-rata AOD yang tinggi terdapat pada tahun 2015 sebesar $0,13237785 \mu m$ dan nilai rata-rata AOD yang terendah sebesar $0,11686589 \mu m$ pada tahun 2016. Nilai standar deviasi dengan nilai rata-rata AOD memiliki hubungan yang searah dimana semakin tinggi nilai standar deviasi maka semakin tinggi pula nilai rata-rata AOD dan sebaliknya semakin rendah nilai standar deviasi maka semakin rendah pula nilai rata-rata AOD. Grafik hubungan keduanya jika digambarkan dalam sumbu kartesian menunjukkan pergerakan searah.
3. Hasil nilai rata-rata pertahun AOD menunjukkan tahun 2015 yang tertinggi dimana nilai rata-rata bulanan AOD pada tahun tersebut yang tertinggi yaitu pada bulan juni, juli, agustus dan september dimana bulan tersebut merupakan bulan-bulan musim kemarau.
4. Sebaran spasial nilai rata-rata AOD pertahun yang paling tinggi yakni pada tahun 2015 terdapat di Provinsi Banten, DKI Jakarta, dan Jawa Barat. Visual berwarna merah yang memiliki makna tinggi berada di wilayah utara dari ketiga provinsi tersebut. Jika ditinjau lebih lanjut wilayah tersebut merupakan kawasan dengan kepadatan penduduk yang tinggi dan tutupan non hutan khususnya kawasan industri.

4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian Tugas Akhir, maka terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Dalam penelitian terkait AOD dengan data citra MODIS perlu memperhatikan keadaan lokasi penelitian seperti wilayah daratan, perairan, perkotaan, dan kawasan industri yang dapat mempengaruhi nilai reflektansi yang diserap dan disebarkan kembali oleh AOD.
2. Dalam penelitian terkait uji statistik nilai rata-rata Aerosol Optical Depth (AOD) perlu memperhatikan sifat distribusinya, kebutuhan nilai aerosol optical depth dengan keadaan lokasi penelitian pulau jawa membutuhkan distribusi AOD secara lokal bukan global.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistika (BPS). *Rekapitulasi Luas Tutupan Lahan Hutan dan Non Hutan menurut Provinsi tahun 2014-2020*. Diakses pada 7 September 2022, dari

- <https://www.bps.go.id/statictable/2020/07/13/2110/rekapitulasi-luas-penutupan-lahan-hutan-dan-non-hutan-menurut-provinsi-tahun-2014-2020-ribu-ha-.html>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. *Nilai Rata-Rata Suhu Tahun 2015*. Diakses pada 7 September 2022, dari https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim
- Boucher, O. (2015). *Atmospheric Aerosols. Atmospheric Aerosols, Properties and Climate Impacts*. 9-24. Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-017-9649-1_2.
- Ghasempour, Fatemeh dkk. (2021). *Google Earth Engine based spatio-temporal analysis of air pollutants before and during the first wave COVID-19 outbreak over Turkey via remote sensing*. Department of Geomatics Engineering, Bulent Ecevit University, Zonguldak, 67100, Turkey.
- Hersey, S. P., Garland, R. M., Crosbie, E., Shingler, T., Sorooshian, A., Piketh, S., & Burger, R. (2015). *An overview of regional and local characteristics of aerosols in South Africa using satellite, ground, and modeling data*. Atmospheric Chemistry and Physics.
- Jaya, Safitri. (2013). *Distribusi Sampel Rata-rata*. JIM: Jurnal Ilmiah Informatika dan Multimedia, Vol.2 No.1.
- Marcello Albert, Yulinawati Hernani., dan Siami Lailatus. (2021). *Pantauan Satelit Persebaran Aerosol Optical Depth Di Pulau Jawa Wilayah Barat Di Era Pandemi Covid-19*. Jakarta: Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti.
- Kim, J., Lee, H. C., Hirugashi A., & Takemura, T. (2007). *Consistency Of The Aerosol Type Classification From Satellite Remote Sensing During The Atmospheric Brown Cloud East Asia Regional Experiment Campaign*. Journal Of Geophysical Research, 122.
- Kurniawan Hari Rizki., (2021). *Analisis Persebaran Aerosol Sebelum dan Saat PSBB Untuk Pemantauan Kualitas Udara Kota Surabaya Menggunakan MODIS AOD dengan Algoritma SARA (Simplified Aerosol Retrieval Algorithm)*. Surabaya: Masters thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kusumaning., Sheila. (2009). *Pemanfaatan Data MODIS Untuk Mengukur Suhu Permukaan Bumi Dalam Rangka Pemantauan Pemanasan Global untuk ekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional bahkan global*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Pratiwi., Sylvania. (2020). *Analisis Persebaran Polutan Di DKI Jakarta Dengan Menggunakan Data Satelit Tahun 2014-2018*. Jakarta : Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti.
- Puruitaningrum, W. A. (2010). *Penentuan Kandungan Aerosol Di Atmosfer Menggunakan Data Terra/Aqua Modis*. Tugas Akhir Fakultas teknik Elektro. Universitas Indonesia.
- Wei, Xiaoli., Chang, Ni-Bin., Bai, Kaixu & Gao, Wei. 2019. *Satellite remote sensing of aerosol optical depth: advances, challenges, and perspectives*. Departemen Ekosistem Sains dan keberlanjutan. Colorado. USA.
- Zhou XL. (2010). *Discussion on Some Terms Used for Sand Dust Weather In the National Standard*. *Scientia Meteorologica Sinica*. 30(2): 234–238.