

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

**OKARIUS NELSON BHATO<sup>1</sup>, SONI DARMAWAN<sup>1</sup>**

1. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional  
Email: nelsonbhato3@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Polusi Udara menjadi isu lingkungan yang penting karena merupakan faktor yang dapat menurunkan kualitas kehidupan manusia. Aktivitas manusia seperti penggunaan lahan, urbanisasi dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengubah kualitas kimia atmosfer. Aktivitas ini menyebabkan terjadinya banyak aerosol dan gas rumah kaca ke atmosfer. Aerosol merupakan campuran partikel padat dan cair yang sangat kecil yang tersuspensi di atmosfer. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui persebaran AOD di pulau Sumatera dengan menggunakan citra MODIS secara time series yang akan diolah dengan platform Google Earth Engine (GEE). Penelitian ini menggunakan Single View Method dengan algoritma Dark Target (DT) dari data MODIS AOD MCD19A2 dengan resolusi spasial 1 km dan resolusi temporal 1 hari. Metodologi dalam penelitian ini dimulai dari studi literatur, pengumpulan data pengolahan hingga analisis AOD di pulau Sumatera. Hasil penelitian ini berupa persebaran Aerosol dan nilai AOD di pulau Sumatera, dimana pada bulan September 2015 terjadi peningkatan AOD yang menyebar di beberapa Provinsi di Pulau Sumatera.*

**Kata kunci:** Aerosol Optical Depth (AOD), Inderaja Jauh, Google Earth Engine (GEE)

## **1. PENDAHULUAN**

Polusi Udara menjadi isu lingkungan yang penting karena merupakan faktor yang dapat menurunkan kualitas kehidupan manusia. Aktivitas manusia seperti penggunaan lahan, urbanisasi dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengubah kualitas kimia atmosfer. Aktivitas ini menyebabkan terjadinya banyak aerosol dan gas rumah kaca ke atmosfer. Aerosol merupakan campuran partikel padat dan cair yang sangat kecil yang tersuspensi di atmosfer, aerosol berdampak pada perubahan iklim global dan regional, aerosol di udara juga mempengaruhi kesehatan manusia (Charlson dkk., 1992; King dkk., 1999). Dampak langsung aerosol terhadap iklim adalah dengan cara menyerap dan menghamburkan radiasi matahari sehingga dapat menimbulkan pendinginan global dan juga meningkatkan albedo awan.

Pulau Sumatera merupakan salah satu zona di Indonesia yang variabelitas kualitas uadarnya sangat dipegaruhi oleh aktivitas kebakaran akibat campur tangan manusia. Aktivitas kebakaran telah menjadi fenomena tahunan yang secara drastis meningkatkan jumlah aerosol pada atmosfer. Pemantauan aerosol sangatlah penting untuk mempelajari perubahan iklim dan pencemaran lingkungan. Metode penelitian atau pemantauan konvensional terutama dilakukan

dengan stasiun di bumi. Namun karena kedalaman optik aerosol (AOD) berubah dengan cepat dari waktu ke waktu pengamatan darat dibatasi oleh peralatan pengukur, kepadatan lokasi dan jangkauan pengamatan (Holben dkk., 2001). Oleh karena itu metode pengamatan penginderaan jauh banyak digunakan dalam studi distribusi dan pemantauan spasial aerosol global dan lokal (Holben dkk, 2001).

Dalam penelitian ini, difokuskan untuk mengestimasi Aerosol Optical Depth (AOD) di Pulau Sumatera dengan menggunakan citra satelit MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Pengestimasi AOD (Aerosol Optical Depth) akan diobservasikan dan dianalisis menggunakan perangkat lunak daring *Google Earth Engine* (GEE). Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Albert Marcello, Herni Yulinawati dan Lailatus Siami (2021) Pantauan Satelit Persebaran Aerosol Optical Depth di Pulau Jawa wilayah Barat di Era Pandemi COVID-19, Hari Kurniawan (2021) meneliti analisis distribusi aerosol menggunakan MODIS AOD dengan SARA (Simplified Aerosol Retrieval Algorithm) untuk pemantauan kualitas udara tahun 2017 di kota Surabaya penelitian Indah Susanti dkk (2014) Analisis Pengaruh Aerosol pada awan di Indonesia.

## 2. METODOLOGI

Adapun tahapan dalam pelaksanaan pengolahan data penelitian disajikan pada Gambar 2.1



### Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian ini dalam merencanakan *Critical Review Aerosol Optical Depth* (AOD) berbasis satelit dan peluang aplikasinya di Indonesia menggunakan metode *Sytematic Review* (SR) dan *Meta-Analysis* (MA). Langkah penelitian ini dibagi menjadi 4 tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap proses identifikasi, kelayakan dan tahap penyajian. Dalam penyajian ketiga tahapan tersebut antara lain:

#### 2.1 Tahap Persiapan

Dalam penelitian ini tahap persiapan meliputi studi literatur dan pengumpulan data. Dimana dalam studi literatur peneliti mempelajari atau mendalami teori dasar terkait dengan AOD, dan mengumpulkan data. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data citra satelit MODIS AQUA & TERRA secara *time series* serta data batas administrasi dari lokasi penelitian

No	Data	Sumber
1	Citra MODIS tahun 2012-2021	Google Earth Engine
2	Batas Administrasi	<a href="http://tanahair.indonesia.go.id">http://tanahair.indonesia.go.id</a>

Lokasi dari penelitian ini yaitu berada di Pulau Sumatera. Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau terbesar di Indonesia yang secara geografis terletak pada posisi 6°LU-6°LS dan antara 95°BB-109°BT. Di sebelah Utara berbatasan dengan Selat Malaka, di sebelah Selatan berbatasan dengan Selat Sunda dan di sebelah Barat berbatasan dengan Samudera Hindia. Di Pulau Sumatera sering terjadinya peristiwa kebakaran hutan yang menjadi rutinitas tiap tahunnya, oleh karena itu penulis memilih Pulau Sumatera sebagai lokasi penelitian yang dimana kebakaran hutan sendiri dapat menyebabkan aerosol menumpuk pada atmosfer.



#### 2.2 Tahap Pengolahan Data

Dalam penelitian ini adapun beberapa tahapan yang dilakukan penulis untuk mengolah data yaitu sebagai berikut

- Cropping Citra  
Pada pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software Google Earth Engine. Pengolahan dimulai dengan melakukan pemotongan citra sesuai dengan batas

administrasi yang telah disediakan. Tahap ini bertujuan agar mempermudah penganalisis citra.

- **Cloud Masking**

Pada tahapan ini melakukan pengurangan awan, hal ini dikarenakan Indonesia sendiri merupakan daerah yang beriklim tropis dengan kondisi awan yang bisa dikatakan selalu ada setiap hari

- **Best Quality Condition**

Dalam tahap ini melakukan pemilihan pancaran terbaik dari sensor satelit MODIS Terra & Aqua yang menuju ke permukaan bumi dan dipantulkan kembali dari objek ke atmosfer

- **Ekstraksi Nilai AOD**

Pada tahap ini melakukan ekstraksi nilai AOD yang ada di Google Earth Engine untuk melihat rata-rata tahunan dari nilai AOD di Pulau Sumatera

- **Layout Peta Sebaran**

Pada tahap ini menampilkan hasil sebaran aerosol di Pulau Sumatera yang disajikan menggunakan software arcGIS

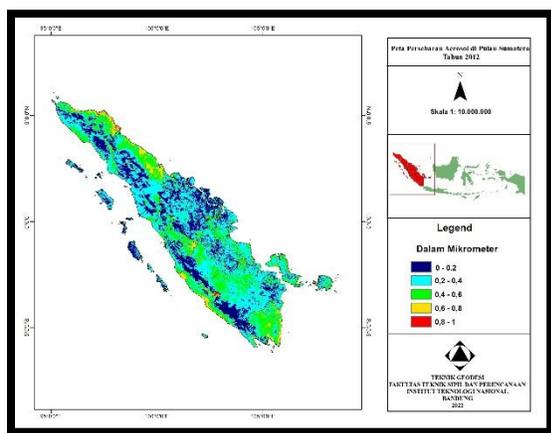
### 2.3 Tahap analisis

Pada tahapan terakhir ini merupakan tahapan dimana melakukan analisis sebaran AOD di Pulau Sumatera dari hasil yang telah diberikan melalui tahapan-tahapan sebelumnya.

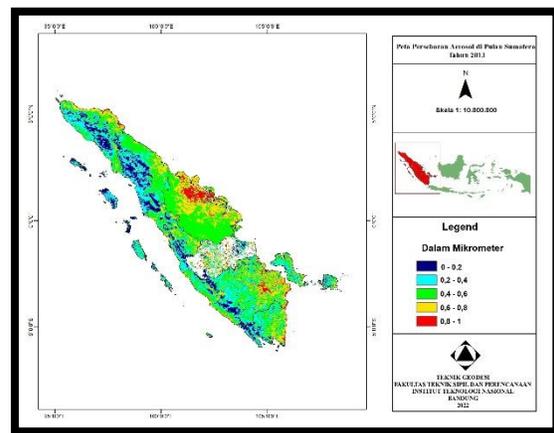
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Sebaran Spasial AOD

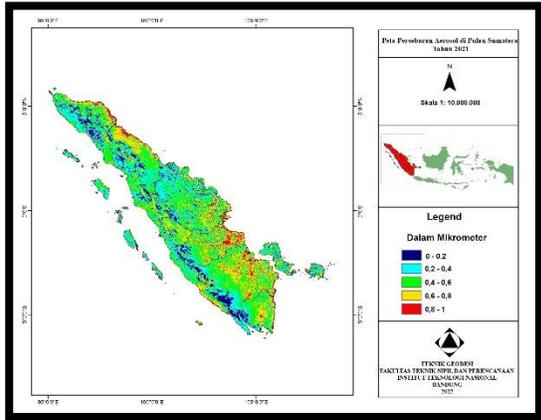
(Aerosol Optical Depth) secara time series (2012-2021) di Pulau Sumatera menggunakan citra satelit MODIS dengan menggunakan metode single view method dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini



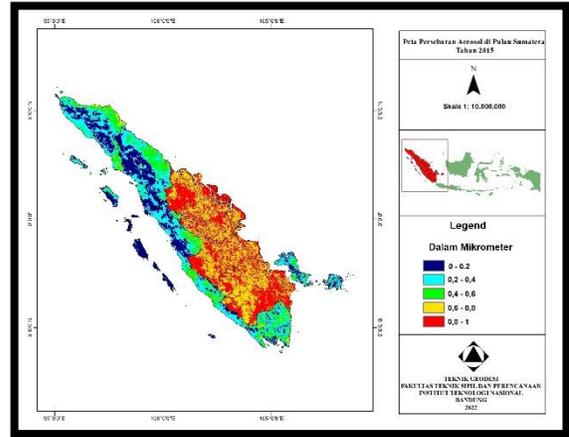
**Gambar 3.1 Peta Sebaran AOD Tahun 2012**



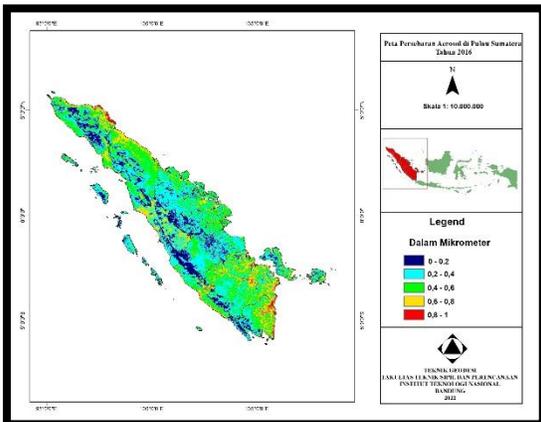
**Gambar 3.2 Peta sebaran AOD Tahun 2013**



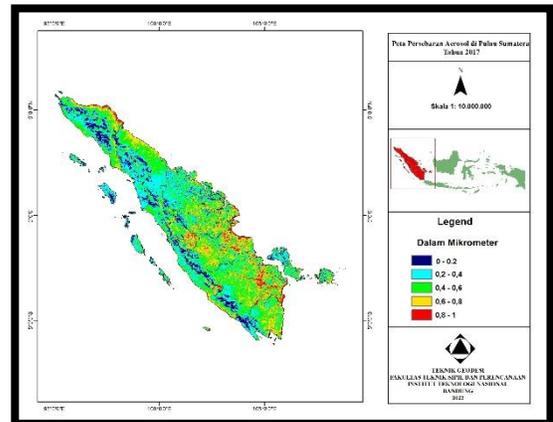
**Gambar 3.3 Peta Sebaran AOD Tahun 2014**



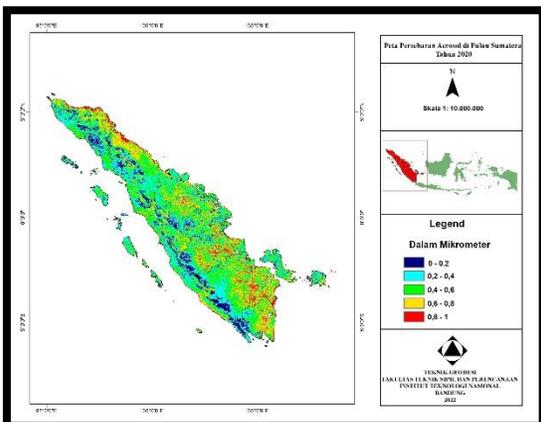
**Gambar 3.4 Peta Sebaran AOD Tahun 2015**



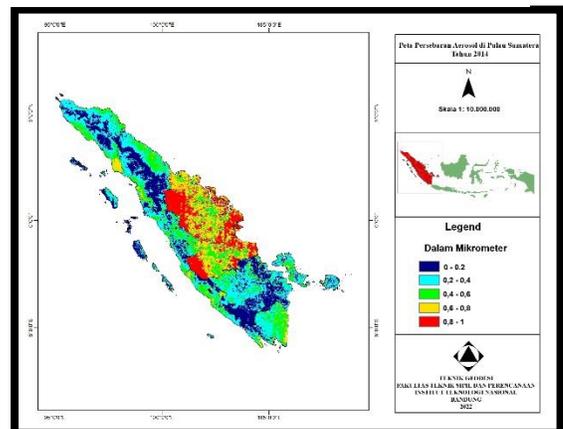
**Gambar 3.5 Peta Sebaran AOD Tahun 2016**



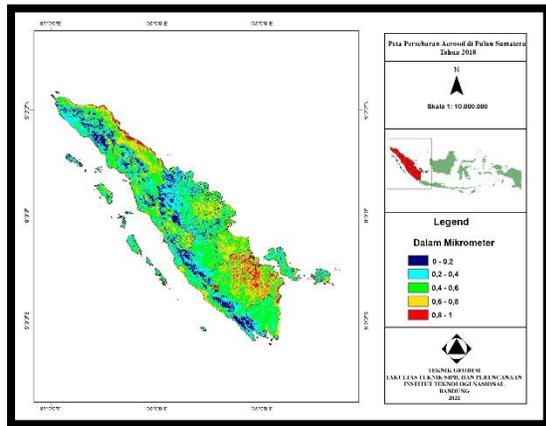
**Gambar 3.6 Peta Sebaran AOD Tahun 2017**



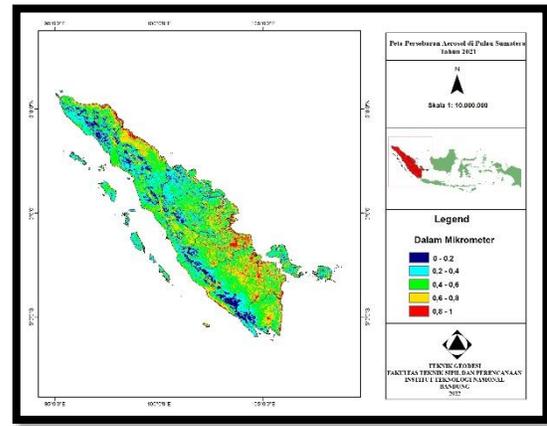
**Gambar 3.7 Peta Sebaran AOD Tahun 2018**



**Gambar 3.8 Peta Sebaran AOD Tahun 2019**



**Gambar 3.9** Peta Sebaran AOD Tahun 2020



**Gambar 3.10** Peta Sebaran AOD tahun 2021

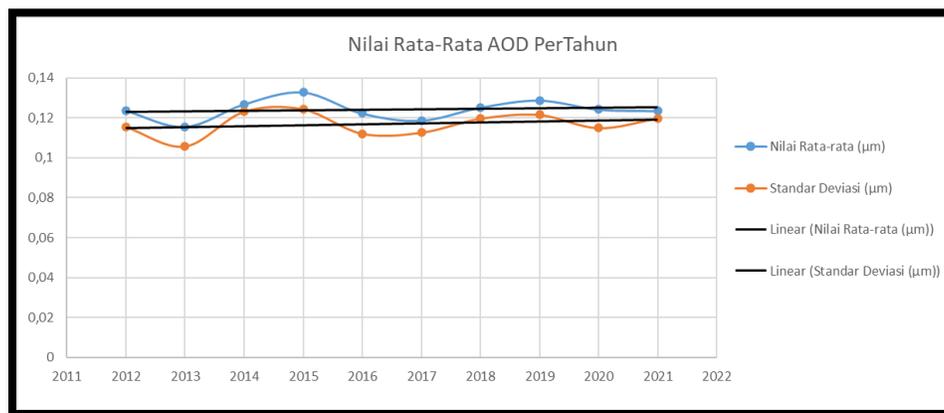
### 3.2 Analisis AOD (Aerosol Optical Depth)

Aerosol memiliki beberapa parameter seperti *aerosol optical depth* (AOD), parameter tersebut menampilkan keberadaan dari aerosol di atmosfer dan digunakan sebagai data masukan untuk pengklasifikasian aerosol yang ada di Indonesia berdasarkan metode yang digunakan (Kim,2007). Penelitian terkait *aerosol optical depth* (AOD). Tujuan penelitian ini ialah untuk memperoleh sebaran aerosol di Pulau Sumatera dan membandingkan persebaran dari tahun 2012 sampai 2021. Penelitian ini menggunakan *Single View Method* dengan algoritma Dark Target (DT) dari data MODIS AOD MCD19A2 dengan resolusi spasial 1 km dan resolusi temporal 1 hari. Hasil penelitian uji statistik nilai AOD di Pulau Sumatera menampilkan nilai rata-rata tahunan serta nilai standar deviasi. Nilai rata-rata AOD di pulau Sumatera tahun 2012-2021 dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 3. 1 Nilai Rata-Rata AOD Tiap Tahun**

Tahun	Nilai Rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	Standar Deviasi ( $\mu\text{m}$ )
2012	0,123723	0,115616
2013	0,115617	0,105733
2014	0,12684	0,123201
2015	0,132878	0,124471
2016	0,122291	0,11216
2017	0,118766	0,112646
2018	0,125257	0,119697
2019	0,128807	0,121609
2020	0,124291	0,114971
2021	0,123526	0,119816

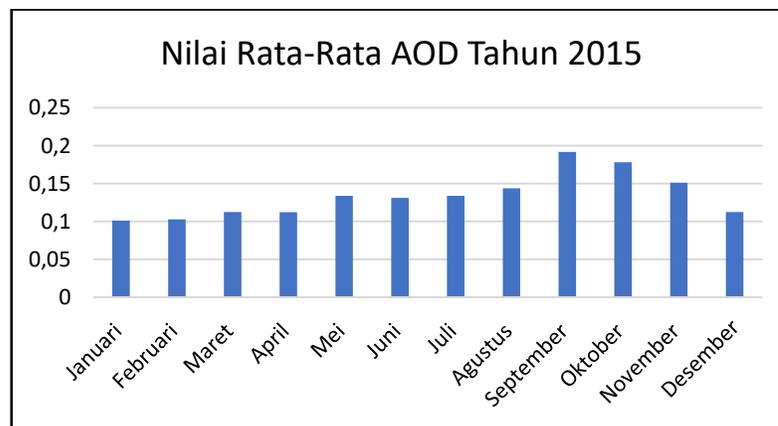
Dilihat dari tabel yang disajikan diatas menunjukkan bahwa nilai AOD di Pulau Sumatera mengalami perubahan tiap tahunnya dan dimana pada tahun 2015 nilai AOD mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai rata-rata tahun lainnya. Pada gambar dibawah ini menampilkan fluktuasi dari nilai rata-rata AOD di pulau Sumatera dari tahun 2012-2021.



**Gambar 3.11 Grafik Nilai Rata-Rata Pertahun**

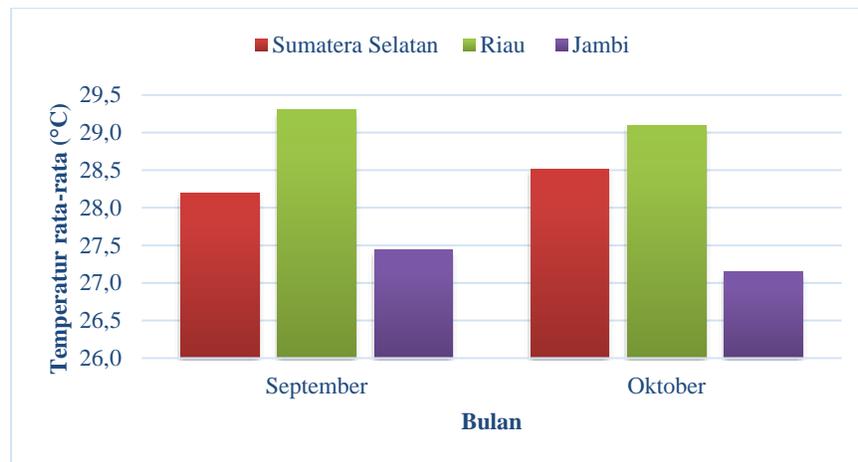
Tinggi rendahnya nilai AOD dipengaruhi banyak dan sedikitnya aerosol pada atmosfer, dimana nilai AOD menggambarkan interaksi antara aerosol yang terdapat di atmosfer dengan radiasi matahari. Sehingga semakin besar nilai AOD maka semakin besar juga konsentrasi aerosol yang terdapat pada atmosfer dan menyebabkan banyak interaksi antara aerosol dengan radiasi sinar matahari (Puruitaningrum, 2010). Pada gambar 4.11 menyajikan grafik nilai AOD dari tahun 2012-2021, pada grafik tersebut menunjukkan distribusi nilai rata-rata AOD beserta dengan standar deviasinya yang mendekati nilai nol yang berarti bahwa standar deviasi memiliki keselarasan dengan nilai rata-rata AOD. Semakin kecil nilai standar deviasi AOD menunjukkan semakin akurat nilai rata-rata yang diperoleh. Hal ini mengacu pada Hidayat dkk (2019) yang menjelaskan bahwa standar deviasi dari sekumpulan data sama dengan nol maka semua nilai dalam himpunan tersebut adalah sama, sedangkan jika nilai standar deviasi yang lebih besar dari nol menandakan titik data jauh dari nilai rata-rata.

Peningkatan atau kenaikan nilai AOD berdasarkan tahun tertinggi di Pulau Sumatera bisa diketahui terjadi pada tahun 2015. Hal ini terjadi karena berkaitan dengan kebakaran hutan dengan skala yang besar serta terjadinya fenomena El Nino yang sangat tinggi yang terjadi pada bulan September hingga pada Oktober tahun 2015 (Syafrijon, dkk 2018). Pada gambar dibawah ini disajikan grafik fluktuasi nilai AOD yang terjadi pada tahun 2015



**Gambar 3.12 Grafik Nilai Rata-Rata perbulan Tahun Tertinggi**

Nilai rata-rata AOD pada tahun 2015 yang ditunjukkan pada gambar sebaran spasial 3.4 di atas menunjukkan provinsi Riau, Jambi serta Sumatera Selatan memiliki nilai AOD yang tinggi, hal ini sejalan dengan nilai rata-rata tiap tahun yang menunjukkan pada tahun 2015 memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yakni nilai rata-rata suhu berkorelasi dengan nilai rata-rata AOD bulanan tahun tertinggi yaitu tahun 2015. Dimana dalam data tersebut menunjukkan bahwa pada bulan September, Provinsi Sumatera Selatan dengan suhu 28,2°C, Provinsi Riau 29,3°C, Provinsi Jambi 27,4°C dan pada bulan Oktober, Provinsi Sumatera Selatan dengan suhu 28,5°C, Provinsi Riau 29,1°C, Provinsi Jambi 27,1°C. dari data suhu tertinggi tersebut dapat menyebabkan banyaknya aerosol yang berada di atmosfer. Data tersebut bisa dilihat pada gambar di bawah ini



**Gambar 3.13 Grafik Suhu Rata-Rata Pada Bulan Dan Lokasi Tertinggi Tahun 2015 (Sumber BMKG, 2022)**

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini, penulis memiliki beberapa kesimpulan sebagai berikut

- Hasil peta sebaran AOD di Pulau Sumatera dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2021 menggambarkan AOD tiap tahunnya mengalami perubahan, dimana dari peta tersebut menunjukkan pada tahun 2015 lebih tinggi AODnya dibandingkan tahun-tahun lainnya.
- Hasil dari grafik nilai rata-rata AOD pertahun menunjukkan pada tahun 2015 memiliki nilai rata-rata yang paling tinggi dengan nilai rata-rata AOD sebesar  $0,132878 \mu\text{m}$ .
- Hasil nilai rata-rata pertahun AOD tahun 2015 merupakan nilai tertinggi, dimana nilai rata-rata bulanan AOD yang tertinggi yaitu pada bulan September dan Oktober.
- Sebaran spasial nilai rata-rata AOD tahun 2015 tertinggi berada pada Provinsi Riau, Jambi dan Sumatera Selatan tepatnya pada bulan September dan Oktober, dimana pada bulan tersebut terjadi kebakaran hutan dengan skala besar

### 4.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini antara lain

- Untuk pengolahan menggunakan platform Google Earth Engine (GEE) pengguna disarankan agar memiliki jaringan internet yang stabil.
- Perlu memperhatikan wilayah lokasi penelitian untuk mendapatkan nilai AOD, karena nilai hamburan AOD akan dipengaruhi oleh kondisi permukaan tanah perkotaan dan vegetasi.
- Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar lebih memahami tentang bahasa pemrograman dari Google Earth Engine yaitu Javascript.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

Ar Rahiem, M. M., Fakhlevi, M. R., & Hekmatyar, M. I. (2019). Analisis Fenomena Pulau Panas Perkotaan Kota Bandung Menggunakan Google Earth Engine. Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6 Tahun 2019 (pp. 2-3). Bandung: Research Gate.

Badan Meteorolgi, Klimatologi, dan Geofisika. *Nilai Rata-Rata Suhu Tahun 2015*. Diakses pada 7 September 2022, dari [https://dataonline.bmkg.go.id/data\\_iklim](https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim)

Charlson, R.J., Schwartz, S.E., Hales, J.M., Cess, R.D., Coakley, J.J., Hansen, J.E., Hofmann, D.J. (1992). *Climate forcing by anthropogenic aerosols*. *Science* 255, 423–430. <https://doi.org/10.1126/science.255.5043.423>.

Chu, A. D., Y. J. Kaufman, C. Ichoku, L. A. Remer, D. Tanré, and B. N. Holben. 2002. *Validation Of MODIS Aerosol Optical Depth Retrieval Over Land, Geophys. Research Ltr.*, 29, 10.1029/2001GL013205.

Hamdi, S. (2013). Dampak Aerosol Terhadap Lingkungan Atmosfer. Berita Dirgantara.

Hari, Kurniawan Rizki. (2021). Analisis Distribusi Aerosol Menggunakan Modis AOD (Aerosol Optical Depth) Dengan SARA (Simplified High Resolution Modis Retrieval Algorithm) untuk Pemantauan Kualitas Udara Tahun 2017 (Studi Kasus: Kota Surabaya, Indonesia): *Masters thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

Holben, B.N., Tanre, D., Smirnov, A., Eck, T.F., Slutsker, I., Abuhassan, N.,

Hsu, N. C., J. R. Herman, P. K. Bhartia, C. J. Seftor, O. Torres, A. M. Thompson, J. F. Gleason, T. F. Eck, and B. N. Holben. 1996. *Detection of Biomass Burning Smoke from TOMS Measurements*. *Geophys. Res. Lett.* 23, 745– 748. Matsushita Masanori Ohshiro, Kazuko Yamasaki. 2009. *Artificial Neural Network Ensemble-based Land-Cover Classifiers Using MODIS Data*. *Artif Life Robotics*.

Kaufman, Yoram J, and Didier Tanre. 1998. *Algorithm For Remote Sensing of Tropospheric Aerosol From Modis*.

Kittaka, Ciecho. James Szykman. 2004. *Utilizing Modis Satellite Observations To Monitor and Analyze Fine Particulate Matter, Pm2.5, Transport Event*.

Kim, J., Lee, J., Lee, H. C., Hirugashi, A., & Takemura, T. 2007. *Konsistency of the aerosol type classification from satellite remote sensing during the atmospheric brown cloud-east asia regional experiment campaign*. *Journal of Geophysical Research*, 112.

Kumar, P; A. Robins; S. Vardoulakis; R. Britter, 2010. *A Review of the Characteristic of Nanoparticles in the Urban Atmosphere and the Prospect for Developing Regulatory Controls*. *Atmospheric Environment*, 44.

Kusumaningtyas, S. D. (2019). *Aerosol Optical Depth (AOD) Over Four Indonesian Cities from The Aeronet*.

LAPAN. (2007). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Jakarta: LAPAN.

Lestari, Sinta. (2011). *Pola Distribusi Aerosol Di Jawa Bagian Barat Tahun 2007 Dan 2008*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Geografi. Depok: Universitas Indonesia.

Lillesand, & Kiefer. (1997). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra, Terjemahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, Inc.,.

MEASUREMENT: AN OVERVIEW. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*.

Newcomb, W.W., Schafer, J.S., Chatenet, B., Lavenu, F.J.J.O.G.R.A., Kaufman, Y.J. (2001). *An emerging groundbased aerosol climatology: Aerosol optical depth from AERONET*. *J. Geophys. Res.* 106, 12067– 12097. <https://doi.org/10.1029/2001JD900014>.

Nugroho, A. (2016). *Analisis Kerapatan Vegetasi di Kecamatan Ngaglik Tahun 2006 dan Tahun 2016 Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Berbasis Google Earth Engine*. 306-320.

*Pantauan Satelit Persebaran Aerosol Optical Depth di Pulau Jawa Wilayah Barat di Era Pandemi Covid-19*, P.

S. (2021). Albert Marcello, Hernani Yulinawati dan Lailatus Siami.

Yamaguchi , Takashi, Kenneth J. Mackin, Eiji Nunohiro, Jong Geol Park , Keitaro Hara, Kotaro.

Žujić, Aleksandra M. Bojan B. Radak, Anka J. Filipović , dan Dragan A. Marković. 2008.