

Estimasi Albedo Permukaan dengan Metode Reflektan Minimum untuk Penurunan Aerosol Optical Depth dari Satelit Himawari-8

Risyanto

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Email). risyanto@lapan.go.id

ABSTRACT. *Discriminating surface contribution from top-of-atmosphere reflectance received by satellite sensor is a challenging task in retrieving Aerosol Optical Depth (AOD). A large uncertainty in estimating surface albedo can cause a poor quality of AOD retrieved. This study aims to analyse compability of minimum reflectant method in surface albedo estimation in order to be applied for AOD retrieval. The retrievals were performed using two visible channels (470 and 640 nm) of Advance Himawari Imager (AHI) sensor over land area of Java Island during 1 April – 30 June 2016. A good correlation ($r = 0.73-0.78$) obtained when AHI surface reflectance compared to that of MODIS land product (MOD09). The result also shows AHI visible surface reflectance derived by minimum method has larger average value than MOD09. Based on this result, the AOD were then enable to be retrieved through inverse method of aerosol reflectance utilizing radiative transfer model (RTM) calculation. Average value of AOD over land area of Java Island retrieved by AHI is 0.33 ($\sigma = \pm 0.18$). Based on aerosol model assumption used in retrieval, Java land area is dominated by continental polluted aerosol type.*

Keywords : *aerosol optical depth, reflectance, surface albedo, Himawari-8 satellite, MODIS*

ABSTRAK. Salah satu langkah penting dalam penurunan Aerosol Optical Depth (AOD) dari satelit adalah melakukan pemisahan kontribusi permukaan dari reflektan di atas atmosfer yang diterima oleh sensor satelit. Besarnya ketidakpastian dalam estimasi albedo permukaan memberikan pengaruh signifikan terhadap validitas nilai AOD yang diturunkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian metode reflektan minimum dalam estimasi albedo permukaan sehingga dapat diaplikasikan dalam penurunan AOD. Estimasi albedo permukaan dan AOD dilakukan dengan menggunakan dua kanal visibel (470 dan 640 nm) dari sensor Advance Himawari Imager (AHI) satelit Himawari-8 di atas wilayah daratan Pulau Jawa selama periode 1 April – 30 Juni 2016. Perbandingan reflektan permukaan AHI dengan data produk Terra MODIS (MOD09) menghasilkan korelasi yang cukup baik ($r = 0,73-0,78$), meskipun secara umum nilai reflektan permukaan AHI lebih besar dari reflektan MOD09. Dari hasil ini, penurunan nilai AOD kemudian dapat dilakukan melalui metode inverse dari reflektan aerosol yang terdeteksi satelit dengan memanfaatkan perhitungan radiative transfer model (RTM). Rata-rata nilai AOD yang dihasilkan untuk wilayah daratan Jawa adalah sebesar 0,33 ($\sigma = \pm 0,18$). Berdasarkan asumsi model yang digunakan dalam penurunan AOD, wilayah daratan Pulau Jawa lebih banyak didominasi oleh aerosol dengan tipe *continental polluted*.

Kata kunci : *aerosol optical depth, reflektan, albedo permukaan, satelit Himawari-8, MODIS*

1. PENDAHULUAN

Aerosol memegang peran penting secara fisika dan kimia dalam mempengaruhi iklim global dan regional. Secara tidak langsung aerosol memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Dalam konteks perubahan iklim, kontribusi aerosol dalam sistem iklim juga signifikan, meskipun estimasi efek aerosol secara kuantitatif belum akurat (IPCC, 2007). Minat penelitian tentang efek aerosol meningkat, sehingga membutuhkan peralatan observasi langsung dan tidak langsung (Kim dkk., 2008). Secara langsung, aerosol diukur kontinu dan akurat, namun dalam wilayah terbatas. Secara tidak langsung, aerosol diukur oleh satelit dengan cakupan wilayah luas, namun kurang akurat.

Beragam algoritma dikembangkan untuk menurunkan properti aerosol dari satelit. Lee dan Kim (2010) menyatakan bahwa *Aerosol Optical Depth* (AOD) merupakan properti optis penting yang dapat diturunkan dari satelit pengamat bumi. AOD berkaitan dengan volume aerosol yang mendeskripsikan efek aerosol dalam transfer radiasi di atmosfer. Sinyal yang diterima oleh sensor satelit terdiri dari komponen yang berasal dari permukaan, atmosfer dan aerosol. Penurunan AOD dimulai dengan memisahkan sinyal aerosol dari kontribusi sinyal lain, terutama dari permukaan. Kontribusi tersebut berupa albedo atau reflektan permukaan yang didefinisikan sebagai fraksi radian yang dipantulkan terhadap total energi radiasi yang diterima permukaan bumi dari matahari. Komponen reflektan dari atmosfer berupa *rayleigh scattering* dapat dihitung lebih mudah dengan persamaan tertentu atau melalui kalkulasi model radiatif transfer. Estimasi komponen reflektan yang berasal dari permukaan memiliki ketidakpastian yang besar karena variasinya yang tinggi secara spasial maupun temporal. Kesalahan estimasi reflektan permukaan sebesar 0,01 dapat menimbulkan ketidakpastian 10% pada nilai AOD yang diturunkan (Soufflet dkk., 1997; Kaufman dkk., 1997).

Penginderaan jauh aerosol di atas daratan menjadi penting karena sumber utama aerosol berasal dari antropogenik yang berlokasi di wilayah darat. Studi sensitivitas AOD dari satelit yang dilakukan oleh Knapp dkk. (2005), menunjukkan bahwa hasil penurunan AOD di atas daratan sangat bergantung pada dua komponen utama, yaitu asumsi properti optis aerosol dan estimasi reflektan permukaan. Dalam penelitiannya, Knapp dkk. (2005) mengusulkan metode penentuan reflektan permukaan dari nilai reflektan minimum dalam periode waktu 28-44 hari pengamatan, dengan berasumsi bahwa akan ada setidaknya satu hari pengamatan bebas awan dan aerosol, dan tidak terjadi perubahan permukaan yang signifikan selama periode waktu tersebut.

Penelitian ini akan menganalisis kesesuaian metode penentuan albedo permukaan dari reflektan minimum, seperti yang diusung Knapp dkk. (2005), untuk diaplikasikan di atas wilayah daratan di Indonesia, khususnya Pulau Jawa. Dalam penelitian juga dilakukan penurunan nilai AOD dari estimasi reflektan permukaan tersebut, dengan mengadopsi model distribusi aerosol dari basis data *Optical Properties of Aerosols and Clouds* (OPAC) (Hess dkk., 1998). Hasil analisis reflektan permukaan ini diharapkan dapat mengurangi ketidakpastian nilai AOD sehingga dapat memberikan informasi aerosol dengan tingkat kepercayaan yang lebih baik.

2. DATA DAN METODOLOGI

Dua kanal visibel (470 dan 640 nm) dari sensor *Advance Himawari Imager* (AHI) satelit Himawari-8 digunakan untuk mengestimasi albedo permukaan dan menurunkan nilai AOD. Deteksi piksel bebas awan (*cloudmasking*) dilakukan dengan memanfaatkan data produk awan level-2 (*CLP product*) dari JAXA (<http://www.eorc.jaxa.jp/ptree/>). Sementara, data *land product* dari sensor MODIS satelit Terra level 3, 8-harian (MOD09A1) (<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>) digunakan sebagai pembandingan dan verifikasi albedo permukaan yang diturunkan dari data AHI. Periode data pengamatan adalah 1 April – 30 Juni 2016, berlokasi di wilayah daratan Pulau Jawa, Indonesia.

Reflektan di atas atmosfer (*top-of-atmosphere reflectance*, R_{TOA}) yang diterima oleh sensor satelit, didefinisikan sebagai (von Hoyningen-Huene dkk., 2011):

$$R_{TOA} = \frac{\pi \cdot I}{S_0 \cos(\theta_0)} \quad (1)$$

dimana, I adalah radiasi, S_0 adalah konstanta radiasi matahari (*solar irradiance*) dan θ_0 adalah sudut zenit matahari (*solar zenith angle*). Total reflektan tersebut merupakan gabungan dari dua komponen utama). atmosfer dan permukaan. Untuk menurunkan AOD, persamaan reflektan kemudian dideskripsikan sebagai (Kaufman dkk., 1997 dalam Mei dkk., 2014):

$$R_{TOA}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) = R_{ATM}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) + \frac{A_{sfc}(\lambda) \cdot T_1(\lambda, \mu_0) T_2(\lambda, \mu)}{1 - A_{sfc}(\lambda) \cdot s(\lambda)} \quad (2)$$

dimana, λ adalah panjang gelombang, $\theta_0 = \arccos \mu_0$ adalah sudut zenit matahari, $\theta = \arccos \mu$ adalah sudut zenit satelit, φ adalah sudut *azimuth* relatif antara matahari dan satelit, T_1 dan T_2 merupakan total *transmittance* radiasi dari matahari ke permukaan dan dari permukaan ke satelit, s merupakan albedo total atmosfer (*hemispherical atmosphere albedo*), sedangkan A_{sfc} adalah spektral albedo permukaan (reflektan permukaan).

Komponen atmosfer (R_{ATM}) terdiri dari reflektan aerosol (R_{AER}), *rayleigh scattering* yang berasal dari hamburan partikel dan gas di atmosfer (R_{RAY}) serta radiasi yang dipantulkan oleh awan (R_{CLOUD}). Karena AOD diturunkan hanya dalam kondisi yang bebas awan ($R_{CLOUD} = 0$), untuk memperoleh reflektan aerosol, persamaan (1) dapat ditulis menjadi:

$$R_{AER}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) = R_{TOA}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) - R_{RAY}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) - \frac{A_{sfc}(\lambda) \cdot T_1(\lambda, \mu_0) T_2(\lambda, \mu)}{1 - A_{sfc}(\lambda) \cdot s(\lambda)} \quad (3)$$

Untuk memisahkan kontribusi permukaan dari sinyal aerosol, perhitungan albedo permukaan (A_{sfc}) mengikuti pendekatan yang dilakukan Knapp dkk. (2005), yang mengambil nilai minimum reflektan selama periode waktu tertentu. Dalam penelitian ini, periode yang digunakan adalah 30 hari. Untuk menghindari *noise* atau nilai yang tidak wajar misalnya yang disebabkan oleh bayangan awan, reflektan yang dipilih sebagai albedo permukaan adalah nilai minimum kedua, cara ini sering juga disebut sebagai metode *2nd-minimum reflectance*. Dengan menyusun ulang persamaan (2), A_{sfc} dapat diperoleh melalui persamaan:

$$A_{sfc}(\lambda) = \frac{R_{TOA}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) - R_{atm}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi)}{T_1(\lambda, \mu_0)T_2(\lambda, \mu) + s(\lambda) [R_{TOA}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi) - R_{atm}(\lambda, \mu_0, \mu, \varphi)]} \quad (4)$$

Nilai T_1 , T_2 dan s tidak dapat diturunkan langsung dari data satelit, sehingga nilai-nilai ini diperoleh melalui perhitungan *radiative transfer model* (RTM). Program RTM yang dipakai dalam penelitian adalah *Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative Transfer* (SBDART) (Ricchiazzi dkk., 1998). Program ini juga digunakan untuk mengkonstruksi *look-up table* (LUT), yang diperlukan untuk menghitung reflektan aerosol (R_{AER}) sebagai fungsi dari AOD dan sudut matahari-satelit (θ_0 , θ , dan φ).

Tabel 1. Nilai properti optis aerosol dari lima model OPAC yang digunakan sebagai input SBDART (Hess dkk., 2008).

Model Aerosol	SSA	Asymetry Factor	Angstrom Exponent	Extinction Coefficient
Continental Clean (CC)	0.972	0.709	1.10	0.026
Continental Average (CA)	0.925	0.703	1.11	0.075
Continental Polluted (CP)	0.892	0.698	1.13	0.175
Urban (U)	0.817	0.689	1.14	0.353
Dust (D)	0.888	0.729	0.20	0.145

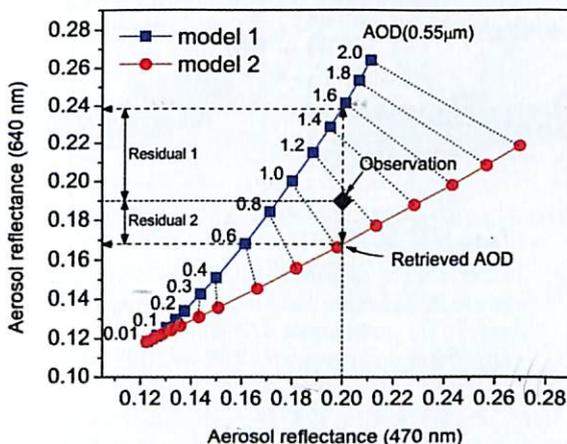
Input data dari SBDART terdiri dari 3 komponen utama, yaitu). atmosfer, aerosol, dan permukaan. Parameter optis aerosol yang diperlukan sebagai input SBDART diantaranya adalah *single scattering albedo* (SSA), *asymetry factor*, *angstromexponent* dan *extinction coefficient*. Dalam penelitian, parameter aerosol tersebut diperoleh berdasarkan basis data *Optical Properties of Aerosols and Clouds* (OPAC) (Hess dkk., 1998). Dalam OPAC, tipe/model aerosol diasumsikan sebagai campuran dengan proporsi tertentu dari beragam komponen berbeda, seperti *sea-salt sulfate*, *water-soluble*, *insoluble*, *soot*, dan debu (*dust*). Model aerosol yang dipilih sebagai parameter input SBDART adalah). *continentalclean* (CC), *continentalaverage* (CA), *continentalpolluted* (CP), *dust* (D), dan *urban* (U). Nilai properti optis aerosol dari kelima model OPAC tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Untuk mengkonversi nilai reflektan aerosol dari 2 kanal visibel (R_{470} dan R_{640}) menjadi AOD, digunakan kriteria selisih kuadrat terkecil (*smallest residual*), dirumuskan sebagai berikut (Laszlo dkk., 2008):

$$Residual = \sum_{i=1}^N [R_i^{obs} - R_i^{cat}(\tau)]^2 \quad (5)$$

dengan N adalah jumlah kanal i yang digunakan dalam penurunan AOD, τ adalah AOD (550nm), R_i^{obs} merupakan reflektan aerosol yang terdeteksi oleh satelit, R_i^{cat} merupakan reflektan aerosol hasil perhitungan LUT. Ilustrasi penurunan AOD dengan

metode ini ditunjukkan Gambar 1, dimana reflektan aerosol pada kanal 470 nm diplot dengan reflektan aerosol pada kanal 640 nm. Untuk penyederhanaan, Gambar 1 menampilkan LUT dari 2 model aerosol, yang ditunjukkan oleh garis biru dan merah (penamaan model 1 dan model 2 hanya sebagai contoh). Berdasarkan kriteria selisih kuadrat terkecil, maka model aerosol yang dipilih untuk menurunkan AOD adalah model 2.

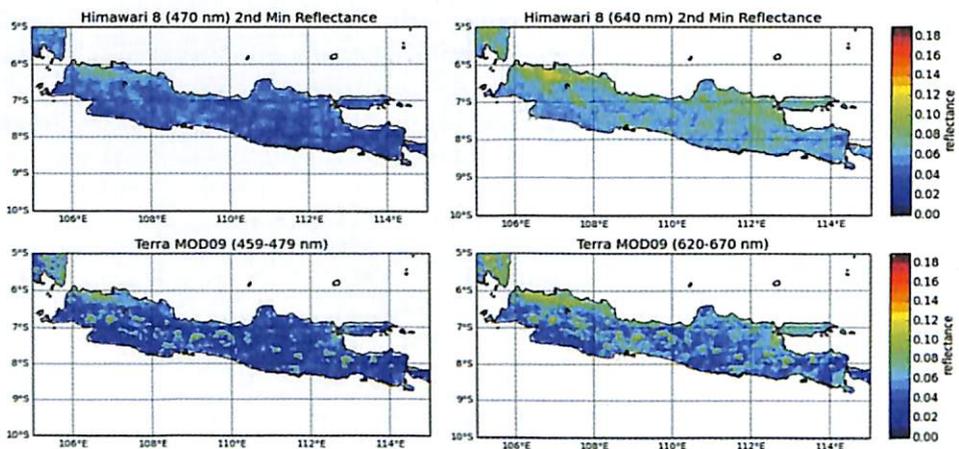


Gambar 1. Metode selisih kuadrat terkecil dalam penentuan model aerosol untuk penurunan AOD dari 2 kanal (Laszlo dkk., 2008)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil estimasi albedo (reflektan) permukaan yang diturunkan sensor AHI satelit Himawari-8 dengan metode 2nd-minimum reflectance, serta perbandingan dengan reflektan permukaan dari Terra MODIS (MOD09) disajikan pada Gambar 2. Reflektan permukaan pada kanal 470 nm menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan pada kanal 640 nm. Hal ini dikarenakan radiasi matahari pada spektrum 470 nm lebih banyak dihamburkan oleh partikel dan gas di atmosfer, disebut sebagai rayleigh scattering (Kokhanovsky, 2008), sehingga fraksi radiasi yang mencapai permukaan dan yang dipantulkan kembali ke atmosfer menjadi lebih sedikit.

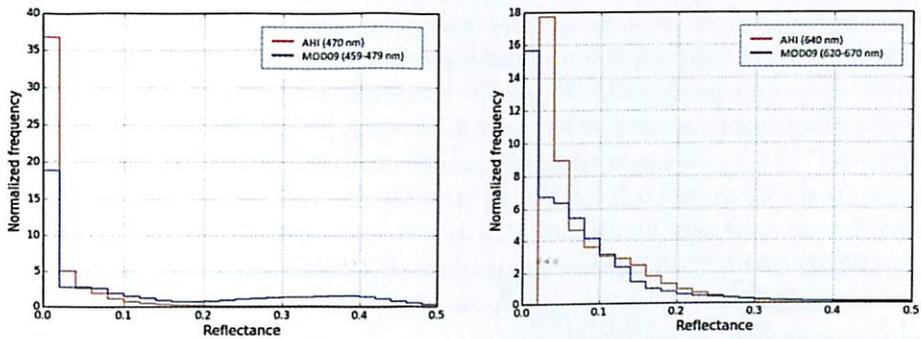
Tipe penggunaan lahan juga mempengaruhi besar-kecilnya reflektan permukaan. Umumnya, pada kanal visibel wilayah yang didominasi oleh vegetasi akan menyerap lebih banyak dan lebih sedikit memantulkan radiasi matahari dibandingkan wilayah pemukiman atau perkotaan. Hal ini karena vegetasi lebih banyak memerlukan radiasi untuk fotosintesis. Seperti yang disebutkan dalam Kim dkk. (2014), bahwa kenaikan indeks vegetasi (NDVI) sebesar 0,1 berkaitan dengan penurunan nilai reflektan pada kanal 0,66 µm sebesar 0,009. Pada Gambar 2, di beberapa wilayah kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung dan Surabaya, reflektan permukaan dari AHI dan MODIS menunjukkan nilai yang relatif lebih besar dibandingkan wilayah lainnya (0,10-0,12 pada kanal 640 nm, dan 0,08-0,10 pada kanal 470 nm).



Gambar 2. Perbandingan reflektan permukaan yang diturunkan dari satelit Himawari-8 dengan metode *2nd-minimum reflectance* (periode 1-30 April 2016) pada kanal 470 nm dan 640 nm (atas), dan reflektan permukaan dari produk MODIS (MOD09) (30 April 2016) (bawah).

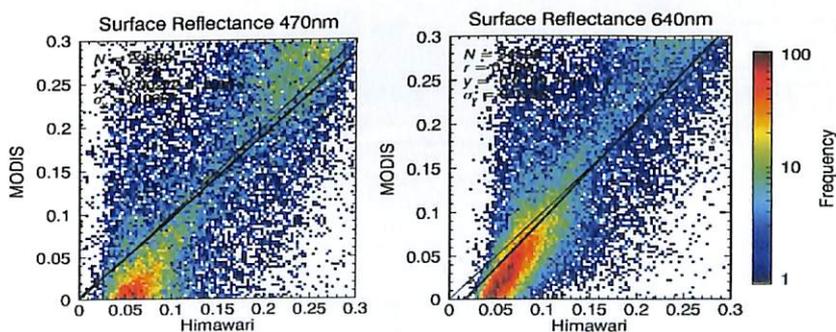
Secara umum, rentang nilai reflektan permukaan yang dihasilkan oleh AHI lebih tinggi dari MOD09, baik pada kanal 470 maupun 640 nm. Berbeda dengan AHI, data MOD09 yang digunakan merupakan produk 8-harian dimana reflektan permukaan dipilih berdasarkan sudut pengamatan terendah dan terkontaminasi seminimal mungkin dari awan, bayangan awan dan aerosol (Vermote dkk., 2015). Meskipun demikian, dalam periode 8 hari, reflektan permukaan yang dihasilkan MOD09 berpeluang besar masih terkontaminasi oleh awan mengingat kondisi perawanan di Indonesia yang cukup tinggi. Periode komposit dari reflektan permukaan yang diturunkan AHI adalah 30 hari, dengan asumsi tidak terjadi perubahan yang signifikan selama periode tersebut. Periode pengamatan yang lebih panjang ini dapat lebih meminimalisir kontribusi awan atau bayangan awan, namun keterbatasan terdapat pada asumsi reflektan permukaan yang statis (Kim dkk., 2008).

Gambar 3 menampilkan perbandingan histogram dari reflektan permukaan AHI dan MOD09. Grafik ini ditujukan untuk melihat distribusi frekuensi dari kedua data. Pada kanal 470 nm, sebagian besar reflektan permukaan AHI dan MOD09 berada pada kisaran nilai 0,0-0,02. Nilai maksimum reflektan 470 nm dari AHI adalah sebesar 0,2, sedangkan pada MOD09, masih terdapat nilai reflektan dengan kisaran 0,2-0,5. Nilai ini menunjukkan masih adanya kontaminasi awan atau bayangan awan pada data MOD09. Pada kanal 640 nm, distribusi reflektan permukaan terbesar berada pada kisaran nilai 0,0-0,05. Reflektan permukaan dari AHI lebih besar dibandingkan MOD09, dimana nilai minimum yang dihasilkan AHI adalah 0,02. Reflektan permukaan baik AHI maupun MOD09 pada kanal 640 nm sama-sama menghasilkan nilai reflektan maksimal sebesar 0,4.



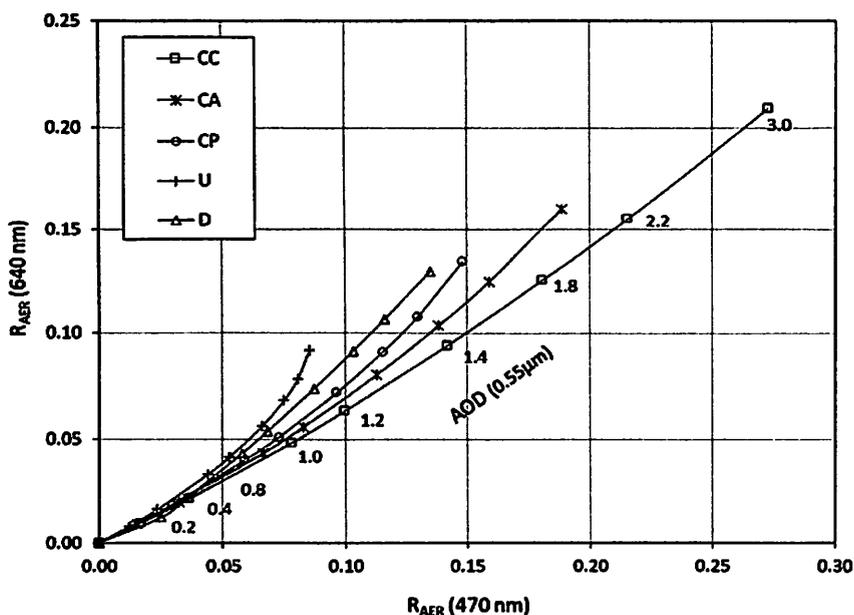
Gambar 3. Perbandingan histogram reflektan permukaan yang diturunkan dari satelit Himawari-8 dengan metode *2nd-minimum* dan reflektan permukaan dari produk MODIS (MOD09) pada kanal 470 nm (kiri) dan 640 nm (kanan). Periode data 1 April - 30 Juni 2016.

Scatter plot antara reflektan permukaan AHI dan MOD09 ditunjukkan pada Gambar 4. Koefisien korelasi yang diperoleh dari perbandingan ini adalah $r = 0,728$ untuk kanal 470 nm, dan $r = 0,780$ untuk kanal 640 nm. Sebagai perbandingan, studi oleh Wong dkk. (2008) di wilayah Hongkong juga menghasilkan korelasi yang cukup kuat ($r > 0,8-0,9$) antara produk MOD09 dengan reflektan permukaan MODIS yang diturunkan dengan metode *2nd-minimum* pada kanal 470 nm dan 550 nm. Korelasi yang tinggi ini menunjukkan bahwa metode *2nd-minimum* dapat memberikan hasil yang cukup baik. Selisih rata-rata reflektan AHI dengan MOD09 adalah 0,043 pada kanal 470 nm, dan 0,018 pada kanal 640 nm. *Overestimate* nilai reflektan permukaan ini tentunya dapat mempengaruhi nilai AOD yang diturunkan. Meskipun demikian, estimasi tersebut didasarkan pada asumsi bahwa reflektan MOD09 dianggap mewakili reflektan permukaan, yang pada kenyataannya juga memiliki nilai error tertentu.



Gambar 4. Scatter plot reflektan permukaan yang diturunkan dari satelit Himawari-8 dengan metode *2nd-minimum* dan reflektan permukaan dari produk MODIS (MOD09) pada kanal 470 nm (kiri) dan 640 nm (kanan). Periode data 1 April - 30 Juni 2016.

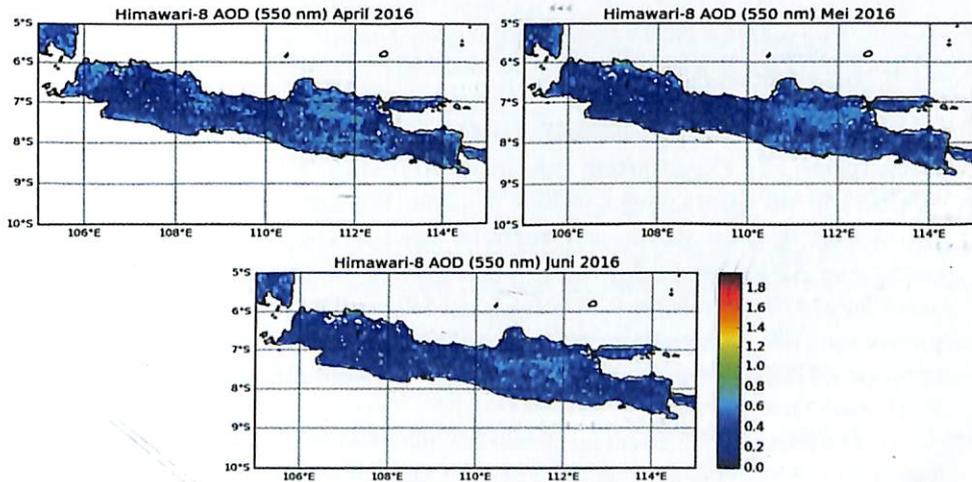
Setelah mengetahui bahwa reflektan permukaan AHI yang diturunkan dengan metode *2nd-minimum* memberikan hasil yang cukup konsisten dengan produk MODIS, nilai AOD kemudian dapat diturunkan dengan memanfaatkan perhitungan *radiative transfer model* dan membangun LUT untuk mempercepat pengolahan data. Gambar 5 menampilkan salah satu contoh LUT dari kelima jenis model aerosol OPAC hasil program SBDART. LUT dibangun dengan mengkombinasikan nilai AOD pada panjang gelombang 550nm (0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0), 2 kanal spektral (470 dan 640 nm), 8 *solar zenith angle* (0~70, $\Delta=10$), 8 *satellite zenith angle* (0~70, $\Delta=10$), dan 18 *relative azimuth angle* (0~180, $\Delta=10$). Reflektan aerosol (R_{AER}) diperoleh dengan cara memisahkan kontribusi *rayleigh scattering* (R_{TOA} pada saat AOD=0), dari total reflektan yang diterima sensor satelit di atas atmosfer (R_{TOA}).



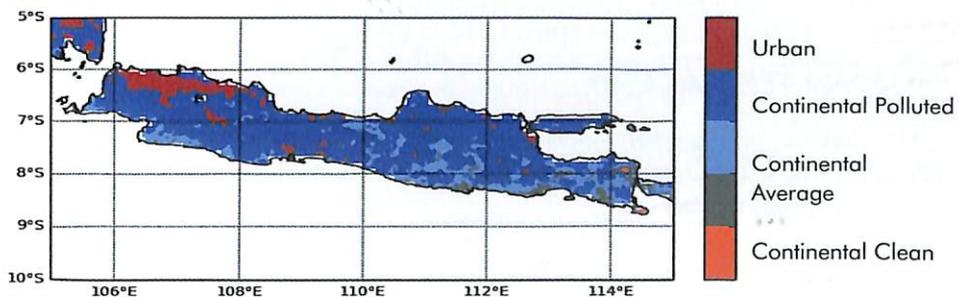
Gambar 5. LUT hasil perhitungan SBDART dari 5 tipemodel aerosol). *continental clean* (CC), *continental average* (CA), *continental polluted* (CP), *urban* (U) dan *dust* (D) dengan $\theta_0=30^\circ$, $\theta=30^\circ$, dan $\varphi=30^\circ$. R_{AER} merupakan reflektan aerosol dari kanal 470 nm (sumbu x) dan 640 nm (sumbu y).

Gambar 6 menampilkan hasil AOD rata-rata bulan April, Mei dan Juni 2016 di atas daratan Pulau Jawa yang diturunkan dari perhitungan reflektan permukaan dan asumsi model aerosol yang disebutkan sebelumnya. Tidak ada perbedaan signifikan diantara ketiga rata-rata AOD pada periode tersebut. Rata-rata nilai AOD yang dihasilkan untuk wilayah daratan Jawa adalah sebesar 0,33 ($\sigma = \pm 0,18$). Berdasarkan asumsi model aerosol yang digunakan dalam penyusunan LUT, Gambar 7 menampilkan hasil tipe aerosol yang terpilih berdasarkan kriteria selisih kudrat terkecil dalam penurunan AOD dari 2 kanal

visibel. Hasil tersebut menunjukkan bahwa wilayah daratan Pulau Jawa pada umumnya didominasi oleh aerosol bertipe *continental polluted*. Berdasarkan pengelompokan yang dibuat OPAC, tipe ini dimaksudkan untuk wilayah yang terpolusi cukup tinggi dari hasil aktivitas manusia, merupakan campuran dari $2,1 \mu\text{gm}^{-3}$ jelaga (*soot*, zat hasil pembakaran dari industri atau kendaraan bermotor), $31,4 \mu\text{gm}^{-3}$ zat larut-air (*water-soluble*), dan $14,2 \mu\text{gm}^{-3}$ zat tak larut-air (*insoluble*) (Hess dkk., 1998).



Gambar 6. Rata-rata bulanan AOD (550nm) April-Juni 2016 di atas daratan Pulau Jawa yang diturunkan dari 2 kanal visibel (470 dan 640 nm) satelit Himawari-8



Gambar 7. Tipe aerosol berdasarkan asumsi model OPAC rata-rata bulan April-Juni 2016 di atas daratan Pulau Jawa yang diturunkan dari 2 kanal visibel (470 dan 640 nm) satelit Himawari-8

Validasi terhadap nilai AOD belum dilakukan karena terbatasnya ketersediaan data pengamatan permukaan, dimana hanya terdapat 2 stasiun pengukur aerosol permukaan dari jaringan AERONET di Pulau Jawa, yaitu Bandung dan Serpong (ketersediaan data

Serpong hanya terbatas 2006-2008) (Holben (2017). Periode analisis yang relatif singkat juga menyebabkan minimnya jumlah data AOD dengan waktu yang bersesuaian antara hasil satelit dengan data insitu. Selain dipengaruhi oleh estimasi reflektan permukaan, nilai AOD juga sangat ditentukan dari model aerosol yang dipilih. Oleh karena itu evaluasi terhadap asumsi model aerosol tersebut juga diperlukan untuk memastikan kesesuaian terhadap properti aerosol yang sebenarnya di lokasi pengamatan, yaitu di wilayah daratan Pulau Jawa.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis kesesuaian metode minimum reflektan untuk mengestimasi albedo permukaan dari sensor AHI satelit Himawari-8 pada kanal visibel 470 dan 640 nm. Secara umum, metode minimum reflektan dapat memberikan hasil yang cukup baik. Hal ini dilihat dari koefisien korelasi yang dihasilkan ketika reflektan permukaan AHI dibandingkan dengan data produk MODIS (MOD09), yaitu $r = 0,73$ untuk kanal 470 nm, dan $r = 0,78$ untuk kanal 640 nm. Distribusi frekuensi nilai reflektan permukaan AHI pada umumnya juga mengikuti distribusi dari MOD09, namun rata-rata reflektan AHI menunjukkan nilai yang lebih besar (selisih 0,043 pada kanal 470 nm, dan 0,018 pada kanal 640 nm).

Dengan metode reflektan permukaan minimum dan asumsi model aerosol dari basis data OPAC, hasil perhitungan SBDART digunakan untuk menurunkan nilai AOD. Hasilnya, rata-rata nilai AOD untuk wilayah daratan Jawa adalah sebesar 0,33 ($\sigma = \pm 0,18$) selama periode April-Juni 2016. Nilai ini, selain dipengaruhi oleh metode reflektan permukaan, juga sangat ditentukan dari model aerosol yang dipilih, sehingga evaluasi terhadap asumsi model aerosol tersebut diharapkan dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Tadaihiro Hayasaka (Radiation and Climate Physics Laboratory, Tohoku University) atas bimbingan dan sarannya selama pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Hess, M., P. Koepke, dan I. Schult (1998). Optical Properties of Aerosols and clouds). The software package OPAC. Bulletin of the American Meteorological Society, vol 79, pp. 831-844.
- Holben, B. N. (2017). AERONET – Aerosol Robotic Network). Data Display Interface. https://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/data.html [diakses pada tanggal 11 Juni 2017].
- IPCC (2007). Climate Change). The Science Basis, Cambridge Univ. Press, New York, 870 pp.
- Kaufman, Y. J., D. Tanre, L. Remer, E. F. Vermote, A. Chu, dan B. N. Holben (1997). Operational remote sensing of tropospheric aerosol over the land from EOS-MODIS, J. Geophys. Res., 102(14), 17051–17068.

- Kim, J., J. M. Yoon, M. H. Ahn, B. J. Sohn, dan H. S. Lim (2008). Retrieving *Aerosol Optical Depth* using visible and mid-IR channels from geostationary satellite MTSAT-1R. *Int. J. Remote Sens*, 29:21, 6181-6192.
- Kim, M., J. Kim, M. S. Wong, J. Yoon, J. Lee, D. Wu, P.W. Chan, J. E. Nichol, C. Y. Chung, dan M. L. Ou (2014). Improvement of *Aerosol Optical Depth* retrieval over Hong Kong from a geostationary meteorological satellite using critical reflectance with background optical depth correction. *Remote Sensing of Environment* 142, 176–187.
- Knapp, K. R., R. Frouin, S. Kondragunta, dan A. Prados (2005). Toward *Aerosol Optical Depth* retrievals over land from GOES visible radiances). determining surface reflectance. *Int. J. Remote Sens*. 26, 4097–4116.
- Kokhanovsky, A. A. (2008). *Aerosol Optics*. Light Absorption and Scattering by Particles in the Atmosphere. Berlin Heidelberg New York, Springer.
- Laszlo, I., P. Ciren, H. Liu, S. Kondragunta, J. D. Tarpley, dan M. D. Goldberg (2008). Remote sensing of aerosol and radiation from geostationary satellites. *Advances in Space Research* 41, 1882–1893.
- Lee, K. H., dan Y. J. Kim (2010). Satellite remote sensing of asian aerosols). a case study of clean, polluted, and asian dust storm days. *Atmos. Meas. Tech.*, 3, 1771–1784.
- Mei, L. L., Y. Xue, A. A. Kokhanovsky, W. von Hoyningen-Huene, G. de Leeuw, dan J. P. Burrows (2014). Retrieval of *Aerosol Optical Depth* over land surfaces from AVHRR data. *Atmos. Meas. Tech.*, 7, 2411–2420.
- Ricchiuzzi, P., S. Yang, C. Gautier, dan D. Soble (1998). SBDART). A research and teaching software tool for plane-parallel radiative transfer in the Earth's atmosphere. *B. Am. Meteorol. Soc.*, 79(10), 2101–2114.
- Soufflet, V., D. Tanre, A. Royer, dan N. T. O'Neill (1997). Remote sensing of aerosols over boreal forest and lake water from AVHRR data. *Remote Sens Environ*, 60, 22–34.
- Vermote, E. F., J. C. Roger, dan J. P. Ray (2015). MODIS Surface Reflectance User's Guide - Collection 6 version 1.4. http://modis-sr.ltdri.org/guide/MOD09_UserGuide_v1.4.pdf [diakses pada tanggal 17 Juni 2016].
- Von Hoyningen-Huene, J. Yoon, M. Vountas, L. G. Istomina, G. Rohen, T. Dinter, A. A. Kokhanovsky, dan J. P. Burrows (2011). Retrieval of spectral aerosol optical thickness over land using ocean color sensors MERIS and SeaWiFS. *Atmos. Meas. Tech.*, 4, 151–17.
- Wong, M. S., J. Nichol, K. H. Lee, Z. Li (2008). Retrieval of Aerosol Optical Thickness using MODIS 500 x 500m², a study in Hong Kong and Pearl River Delta region. *International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications*.