



Penyerapan Karbon Berdasarkan Data Sensing Menggunakan Penghitungan Gross Primary Production

Jamaludin Dwi Laspandi¹, Sunardi² dan Abdul Fadlil³

¹Universitas Ahmad Dahlan, email: jamaludindwilaspandi@gmail.com

² Universitas Ahmad Dahlan, email: sunardi@mti.uad.ac.id

³ Universitas Ahmad Dahlan, email: fadlil@mti.uad.ac.id

Abstrak

Perubahan iklim dunia saat ini yang disebabkan oleh pemanasan global mengakibatkan dampak negatif bagi manusia. Penyebab pemanasan global adalah meningkatnya asap kendaraan, asap pabrik, pembakaran hutan serta emisi karbon lainnya. Di Indonesia terdapat banyak industri pabrik sehingga menyebabkan polusi udara yang akan membuat lingkungan tercemar. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai Gross Primary Production (GPP). GPP adalah metode untuk menentukan penyerapan karbon oleh vegetasi. Penghitungan GPP memanfaatkan citra satelit dan file metadata. Proses penghitungan GPP memerlukan parameter NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), fAPAR (fraction Absorbed Photosynthetically Active Radiation) dan PAR (Photosynthetically Active Radiation). Penelitian ini dirancang untuk mengetahui nilai penyerapan karbon pada Kota Yogyakarta yang dituangkan dalam bentuk citra serta dilakukan secara otomatis dengan menggunakan aplikasi matlab. Hasil penelitian berupa nilai GPP dan segmentasi warna menggunakan color bar pada kota Yogyakarta. Penelitian ini nantinya dapat dijadikan sebagai acuan untuk mencegah pemanasan global dengan cara penghijauan pada area yang nilai penyerapan karbonnya rendah.

Kata kunci: Penyerapan Karbon, Sensing, Gross Primary Production, Landsat8

Abstract

The current world climate change caused by global warming is a negative impact on humans. Causes of global warming are cheap smoke, factory smoke, added other forests. In Indonesia, there are many industrial factories that cause air pollution that will create a polluted environment. This research is intended to calculate Gross Primer Production (GPP). GPP is a method for determining carbon sequestration by vegetation. GPP calculations utilize satellite imagery and metadata files The GPP calculation process requires NDVI (Differential Differential Differential Differential Index), phenad (Fraction absorbing Photosynthetically Active Radiation) and PAR (Photosynthetically Active Radiation). This research is designed to know the absorption of carbon in Yogyakarta City which poured in the form of image and done automatically by using Matlab application. Results of research with GPP and color segmentation using the color bar in Yogyakarta city. This research can be used as an alternative to the prevention of global warming by way of greening in areas of low carbon absorption.

Keywords: Carbon Absorption, Sensing, Gross Primary Production, Landsat8

1. Pendahuluan

Situs resmi NASA menegaskan bahwa pemanasan global sudah masuk tahap kritis. Pada tahun 2015 suhu permukaan bumi meningkat tercatat sebesar 0,13 derajat celcius. Menurut peneliti dari Goddard Institute, tahun 2015 merupakan tahun terpanas yang pernah dialami bumi. Penyebab utama berasal dari asap kendaraan yang berada di atmosfer bumi [1].

GPP (*Gross Primary Production*) merupakan sebuah metode untuk menghitung penyerapan karbon. Pengembangan GPP menggunakan LUE (*Lue Use Efficiency*) dapat memperkirakan perubahan karbon antara atmosfer dan vegetasi [2]. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Komang Gede Kurniadi tahun 2016 membahas aplikasi penghitungan GPP dari data penginderaan jauh pada Kota Denpasar, hasil dari penelitian berupa nilai GPP dari kota Denpasar [3]. Penelitian dalam paper ini bertujuan untuk menghitung nilai GPP maksimal, minimal dan rata-rata, serta menunjukkan koordinat dari nilai GPP maksimal dan minimal pada kota Yogyakarta. Metode GPP memanfaatkan data citra satelit Landsat 8. Citra satelit adalah suatu gambaran yang mengorbit permukaan bumi ke dalam bentuk gambar digital. Banyak software untuk menghitung GPP, namun tidak ada fitur yang memungkinkan user dapat menghitung GPP secara otomatis.

Penelitian ini menerapkan parameter-parameter untuk proses penghitungan GPP secara otomatis pada Kota Yogyakarta. Selain itu juga di lakukan penghitungan GPP dengan dirancang dari data penginderaan jauh pada Kota Yogyakarta, dengan membaca file input berupa data citra Satelit Landsat 8 dan file metadata. Serta menambahkan persamaan penghitungan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). NDVI yaitu indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman. Penghitungan PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) merupakan salah satu bagian dari radiasi matahari yang termasuk dalam cahaya tampak. Penghitungan fAPAR (*fraction Absorbed Photosynthetically Active Radiation*) yang digunakan untuk menentukan total penyerapan (CO₂) oleh vegetasi. Persamaan-persamaan pendukung diperlukan untuk menghitung GPP secara otomatis.

2. Kajian Pustaka

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dilakukan untuk mendapatkan informasi dengan menganalisis data tanpa harus interaksi langsung pada objek serta daerah tertentu [4]. Penginderaan jauh menggunakan sensor radiasi elektromagnetik untuk mendapatkan gambar bumi sehingga diperoleh informasi yang bermanfaat [5].

Citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas pada bidang gambar dua dimensi [6]. Citra dapat diperoleh dari penangkapan sinyal yang dipantulkan objek. Citra merupakan output alat perekaman seperti kamera yang bersifat analog atau digital. Citra digital atau analog merupakan gambaran objek nyata, sedangkan citra hasil olahan pancaran panas dan menghasilkan warna-warna tertentu sesuai dengan panas yang dipancarkan disebut citra yang berbasis thermal [7].

Nilai setiap piksel dari citra keabuan berada pada interval 0-255, sedangkan pada citra berwarna terdapat tiga nilai yang berada pada interval 0-255 setiap pikselnya [8]. Citra grayscale adalah citra yang hanya menggunakan tingkatan warna abu-abu. Warna abu-abu adalah satu-satunya warna pada ruang (RGB) dengan komponen merah, hijau dan biru yang mempunyai nilai intensitas sama [9]. Pengolahan citra merupakan kegiatan untuk memperbaiki kualitas gambar melalui proses agar mudah dibaca atau dipresentasikan [10].

Citra merupakan gambaran atau rekaman suatu objek. Meningkatnya penggunaan sensing dilandasi oleh faktor-faktor, diantaranya sebagai berikut [11].

1. Mendapatkan gambaran citra seperti objek di permukaan bumi dengan lengkap.
2. Pengamatan menggunakan stereoskop sehingga dapat menghasilkan gambar tiga dimensi.
3. Gambaran citra dapat dibuat secara cepat dan lengkap baik pada daerah terpencil.

Pengenalan objek pada citra bergantung pada karakteristik berikut [11].

1. Citra mempunyai warna tingkat kecerahan dan kegelapan objek, warna gelap disimpulkan dengan pantulan rendah, sedangkan pantulan tinggi disimpulkan dengan warna putih.
2. Bentuk merupakan atribut yang terlihat jelas dan mudah dikenali.
3. Ukuran berupa tinggi, luas, jarak dan volume.
4. Ciri yang menandai bentuk antara manusia dan alamiah disebut dengan pola.
5. Bayangan berada di daerah gelap yang menyembunyikan detail objek.
6. Situs yaitu letak objek satu dengan objek lainnya.
7. Asosiasi yaitu kesamaan dari objek satu dengan yang lainnya.

Pada dasarnya fungsi utama dari interpretasi citra, yaitu penyesuaian data yang diambil dari citra dan digunakan untuk tujuan tertentu. Pengambilan data dari citra berupa objek yang disajikan dalam bentuk grafik, tabel, ataupun peta tematik. Proses pekerjaannya diawali dengan menguraikan atau memisahkan objek yang berbeda, kemudian untuk objek yang sama dilakukan penarikan garis batas. objek yang dikenali jenisnya diklasifikasikan dan digambarkan dengan peta [11].

2.2 Satellite Landsat8

Landsat 8 memiliki karakteristik yang mirip dengan landsat baik resolusinya, metode koreksi serta sensor yang dibawanya namun, jumlah band dan rentang spektrumnya berbeda. Satelit 8 memiliki sensor OLI (*Onboard Operational Land Imager*) dan TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) dengan jumlah 11 buah. 1-9 kanal berada pada OLI dan 10-11 kanal pada TIRS. Berikut perbandingan Landsat 7 dan Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Band Landsat 7 dan Landsat 8

LANDSAT 7				LANDSAT 8			
Bands	Panjang Gelombang (nm)	Nama	Resolusi (m)	Bands	Panjang Gelombang (nm)	Nama	Resolusi (m)
1	0,450-0,515	Blue	30	1	0,433-0,453	Coastal	30
2	0,525-0,605	Green	30	2	0,450-0,15	Blue	30
3	0,630-0,690	Red	30	3	0,525-0,600	Green	30
4	0,775-0,900	Near-IR	30	4	0,630-0,680	Red	30
5	1,550-1,750	SWIR-1	30	5	0,845-0,885	Near-IR	30
6	10,00-12,50	LWIR	60	6	1,560-1,660	SWIR-1	30
7	2,090-2,350	SWIR-2	30	7	2,100-2,300	SWIR-2	30
8	0,520-0,900	Pan	15	8	0,500-0,680	Pan	15
				9	1,360-1,390	Cirrus	30
				10	10,30-11,30	LWIR-1	100
				11	11,50-12,50	LWIR-2	100

Tabel 1 merupakan perbandingan antara landsat7 dan landsat8 dapat dijelaskan sebagai berikut.

Keunggulan Landsat 7 memiliki band pankromatik dengan resolusi spasial tinggi sehingga cocok untuk survei perkotaan, serta baik untuk menganalisis air. Landsat 8 memiliki keunggulan terkait spesifikasi band yang dimiliki khususnya pada band 1. Band 1 dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada band 1 pada landsat 7.

Landsat 7 memiliki nilai bit yang rendah sehingga memiliki warna yang kurang beragam. Band pada landsat 7 lebih sedikit sehingga objek yang direkam masih terbatas. Kelemahan dari landsat 8 yaitu citra yang sulit didownload dan harga citra yang mahal.

Perbedaan landsat 7 dan landsat 8 pada tabel 1 dapat dilihat dari jumlah band dan nilai bit. Landsat 7 terdapat 8 band dan 8 bit sedangkan landsat 8 terdapat 11 band dan 16 bit. Landsat 8 dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dibandingkan dengan landsat 7.

2.3 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi dirancang untuk memperkuat sinyal vegetasi pada data penginderaan jauh dan memperkirakan ukuran dari jumlah vegetasi hijau dan sehat [12].

Indeks vegetasi yang akan digunakan adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang dapat dilihat pada persamaan (1).

$$NDVI = \frac{\text{Near Infrared Band} - \text{Visible Red Band}}{\text{Near Infrared Band} + \text{Visible Red Band}} \quad (1)$$

Penghitungan NDVI membutuhkan 2 input yaitu *Near Infrared Band* dan *Visible Red Band*, penggunaan dua input tersebut didasari oleh teori bahwa tumbuhan sehat cenderung memberi banyak pantulan pada gelombang. Nilai NDVI dapat dilihat pada Tabel 2 [13].

Tabel 2. Nilai NDVI

NDVI	Objek
< 0,1	Tanah tandus, bebatuan, pasir, salju
0,2 – 0,5	Vegetasi jarang seperti semak-semak, padang rumput, tanaman menua
0,6 – 0,9	Vegetasi padat seperti hutan beriklim sedang, hutan tropis, tumbuh-tumbuhan sehat

Nilai NDVI yang kurang dari 0,1 merupakan objek non vegetasi yang berupa bebatuan, tanah tandus, pasir, salju. Nilai NDVI antara 0,2 sampai 0,5 adalah tutupan vegetasi yang tidak begitu tebal seperti semak-semak, padang rumput, tanaman menua. Nilai NDVI antara 0,6 sampai 0,9 merupakan tutupan vegetasi rapat seperti hutan beriklim sedang, hutan tropis, serta tumbuh-tumbuhan sehat.

2.4 Koreksi Reflektan

Nilai piksel dari citra satelit komersil menunjukkan paparan dari permukaan bumi dalam bentuk DN (*Digital Number*). Konversi DN ke dalam paparan nyata perlu dilakukan untuk analisis komperatif. Citra yang diambil oleh sensor yang berbeda memberikan persamaan koreksi reflektan untuk citra satelit Landsat 8 [14]. Penghitungan koreksi reflektan dapat dilihat pada persamaan (2).

$$\rho\lambda = \frac{M_p Q_{cal} + A_p}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

Keterangan:

$\rho\lambda$ = TOA planetary reflectance

M_p = Band-specific multicative rescaling factor dari metadata

(REFLECTANCE_MULT_ x, dimana x adalah nomor band)

A_p = Band-specific additive rescaling factor dari metadata

(REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah nomor band)

Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

θ_{SE} = Local sun elevation angle (SUN_ELEVATION)

2.5 Gross Primary Production

Nilai GPP menggambarkan informasi tentang vegetasi serta penyerapan kanopi terhadap radiasi PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) atau fAPAR (*fraction of Photosynthetically Active Radiation*).

GPP didefinisikan sebagai fluks CO₂ terbesar dari siklus karbon di ekosistem darat. Ekosistem hutan sebagai komponen penting dari siklus karbon terestrial, selalu menyimpan karbon dalam jumlah yang jauh lebih besar dibandingkan ekosistem terestrial lainnya [15]. Tumbuhan menggunakan energi matahari dalam reaksi kimia yang mengubah air dan karbon dioksida menjadi karbohidrat [12]. Metode untuk memperkirakan produktivitas tanaman dari APAR (*Absorbed Photosynthetically Active Radiation*) dan LUE (*Light-Use Efficiency*) dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4) [16].

$$GPP = LUE * APAR \quad (3)$$

Dengan $APAR = FPAR * PAR \quad (4)$

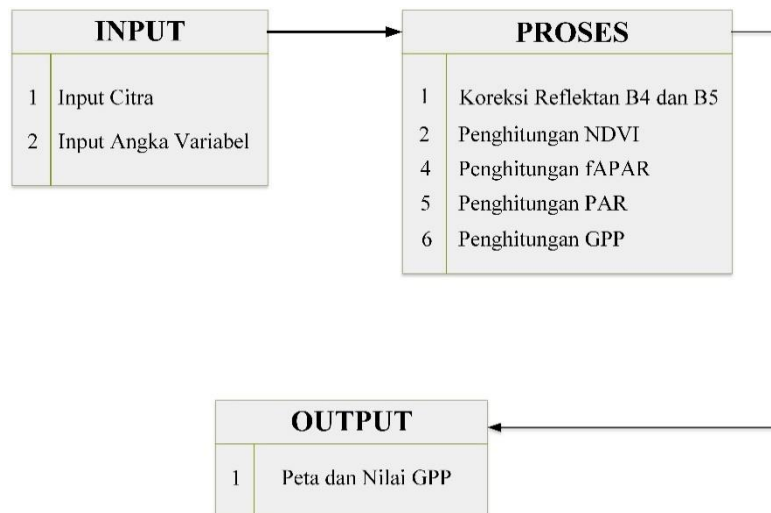
Maka GPP dapat dituliskan pada persamaan (5) sebagai berikut:

$$GPP = LUE * FPAR * PAR \quad (5)$$

3. Metodologi

3.1 Proses Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem menjelaskan mengenai alur dari awal input hingga output akhir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Perancangan Sistem

Gambaran umum dari aplikasi yang akan dirancang dapat dijabarkan sebagai berikut:

Bagian input memiliki 2 jenis input, input citra dan input angka variabel. Input citra adalah *Visible Red Band* dan *Near Infrared Band* dari citra satelit yang berformat GeoTIFF. Input angka variabel adalah metadata yang terdapat pada citra satelit.

Bagian proses pada aplikasi yang akan dibangun adalah sebagai berikut

- a. Koreksi reflektan band 4 dan band 5 dapat dilihat pada persamaan (2).
- b. Penghitungan NDVI, dengan membutuhkan input dari *Band Near Infrared* dan *Band Visible Red*.
- c. Penghitungan fAPAR digunakan untuk menentukan total penyerapan CO₂ oleh vegetasi persamaan yang direkomendasikan (6) [17].

$$fAPAR = 0,08 + 1,075 NDVI \quad (6)$$

- d. Penghitungan PAR merupakan salah satu bagian dari radiasi matahari yang termasuk dalam cahaya tampak. Penghitungan PAR dapat dilihat pada persamaan (7) sebagai berikut [3].

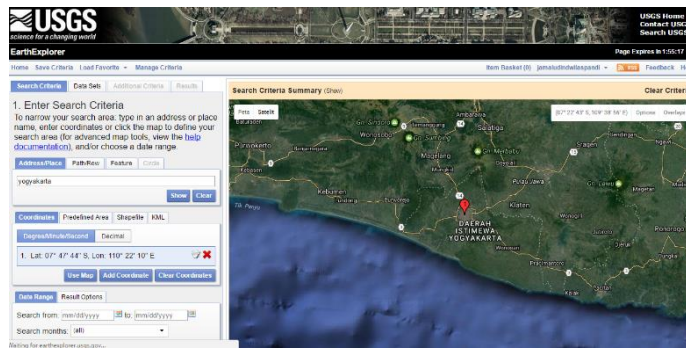
$$PAR = 0,5 * ISR \quad (7)$$

- e. Penghitungan GPP dapat dilihat pada persamaan (5).

Sedangkan output yang dihasilkan adalah peta dan nilai *Gross Primary Production*

3.2 Sumber Data

Sumber data didapatkan dari website resmi dan sumber studi literatur. Dalam penelitian ini data citra satelit yang digunakan adalah citra satelit Landsat 8 OLI and TIRS yang dapat didownload dari website resmi (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

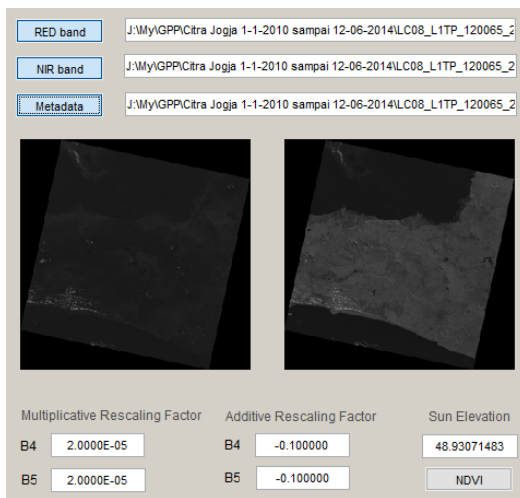


Gambar 2. Search Citra USGS

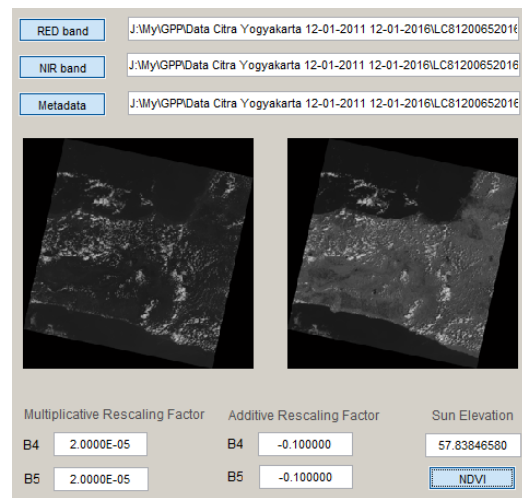
Gambar 2 merupakan fungsi pencarian data citra pada kota Yogyakarta. Pada kolom adres/place diperlukan input nama kota, atau dengan memasukkan nilai Path/Row sesuai dengan nilai masing-masing kota. Nilai Path/Row Kota Yogyakarta adalah 120/65. Data citra satelit yang diolah dalam penelitian ini terbagi menjadi dua dengan kurun waktu yang berbeda. Data citra satelit yang diambil pada kurun waktu Tanggal 1 Januari 2010 sampai Tanggal 6 Desember 2014 (Kurun Waktu A). Data citra satelit dalam kurun waktu Tanggal 1 Desember 2011 sampai Tanggal 1 Desember 2016 (Kurun Waktu B).

4. Hasil dan Pembahasan

Aplikasi yang dibangun adalah *Graphical User Interface*. Aplikasi ini dibuat sesederhana mungkin sehingga user dapat menggunakannya dengan mudah. Tampilan input dari aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

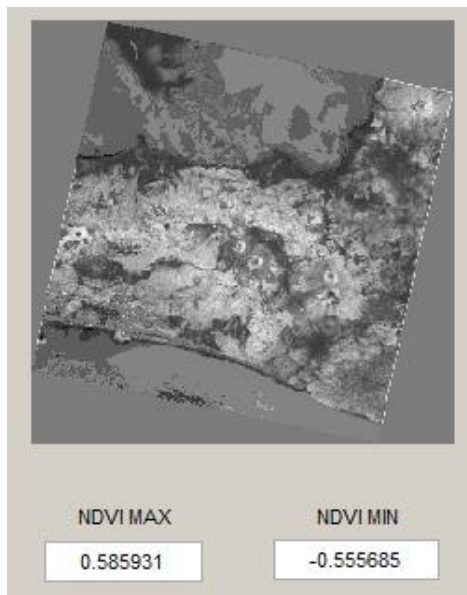


Gambar 3. Tampilan Input Citra Satelit A

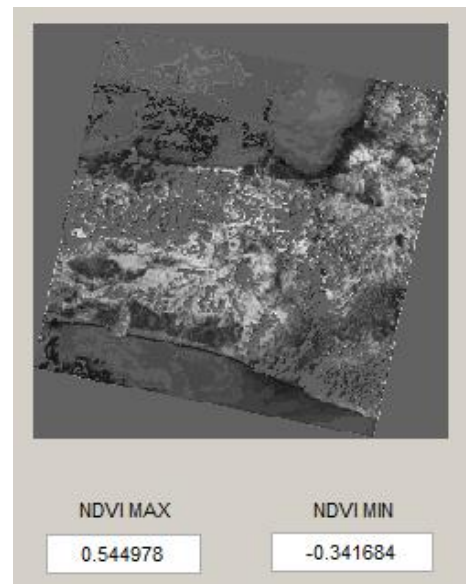


Gambar 4. Tampilan Input Citra Satelit B

Gambar 3 merupakan input citra satelit A dengan kurun waktu Tanggal 1 Januari 2010 sampai Tanggal 6 Desember 2014. Gambar 4 merupakan input citra satelit B dengan kurun waktu Tanggal 1 Desember 2011 sampai Tanggal 1 Desember 2016. Citra yang ditampilkan pada panel yaitu citra satelit yang sudah di subset 255x255 pixel. Gambar kiri adalah hasil input dari *Visible Red Band*. Gambar kanan adalah *Near Infrared Band*. Nilai *Visible Red Band* untuk *multiplicative rescaling factor* adalah 2.0000E-05 dan nilai *Near Infrared Band* adalah 2.0000E-05. Pada bagian *Additive Rescaling Factor* nilai untuk *Visible Red Band* adalah -0.100000 dan *Near Infrared Band* adalah -0.100000. *Sun Elevation* berfungsi untuk menampilkan nilai dari ketinggian matahari. Nilai variabel ketinggian matahari pada Gambar 3 yaitu 48.93071483 sedangkan pada Gambar 4 yaitu 57.83846580. Fungsi yang digunakan untuk menampilkan nilai variabel dari inputan file metadata yaitu “set()”.

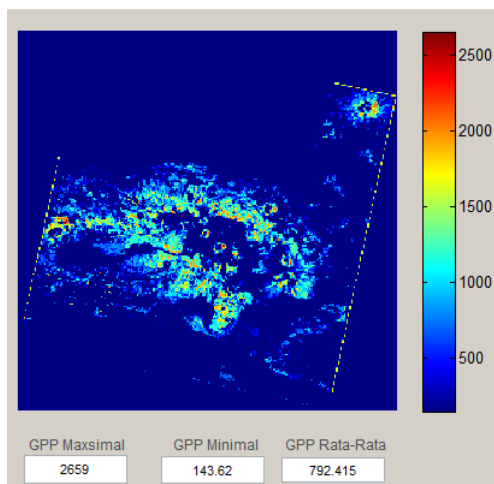


Gambar 4. Output Citra dan Nilai NDVI Kurun Waktu A

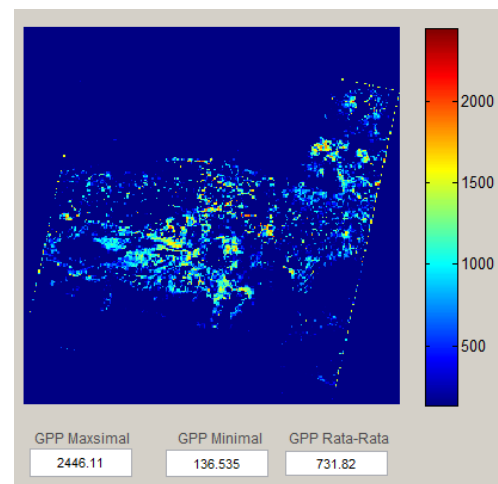


Gambar 4. Output Citra dan Nilai NDVI Kurun Waktu B

Gambar 4 merupakan citra NDVI yang menghasilkan gambar dengan corak warna keabuan. Semakin putih gambar maka piksel semakin dekat dengan nilai 1 yang merupakan nilai tutupan vegetasinya tinggi. Semakin gelap gambar NDVI menunjukkan nilai intensitas tutupan vegetasi pada piksel tersebut semakin dekat dengan -1 atau nilai tutupan vegetasinya rendah. Area hitam pada bagian bawah gambar merupakan lautan. Titik-titik hitam yang tersebar di tengah-tengah gambar merupakan awan yang berada di atas daratan. Nilai indeks vegetasi maksimal pada Kota Yogyakarta pada kurun waktu A adalah 0.585931 pada koordinat 22/330 dan nilai minimal NDVI -0.555685 pada koordinat 159/294. Sedangkan pada kurun waktu B nilai NDVI maksimal 0.544978 yang terdapat pada koordinat 150/179 dan nilai minimal -0.341684 yang terdapat pada koordinat 155/66.



Gambar 5. Output Citra dan Nilai GPP Kurun Waktu A



Gambar 5. Output Citra dan Nilai GPP Kurun Waktu B

Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan tampilan penghitungan GPP pada kurun waktu yang berbeda. Output berupa citra dan nilai GPP. Di sebelah kanan citra GPP terdapat color bar yang menunjukkan batasan nilai GPP. Penyerapan terendah ditunjukkan pada warna biru dan tertinggi

warna merah, nilai GPP maksimal pada Gambar 4 dengan kurun waktu A yaitu 2659 yang terdapat pada koordinat 22/330 dan nilai GPP minimum yaitu 143.62 pada koordinat 10/382 serta nilai rata-rata GPP pada kurun waktu A yaitu 792.415. Gambar 5 pada kurun waktu B nilai maksimal GPP yaitu 2446.11 yang terdapat pada koordinat 150/179 dan nilai GPP minimum yaitu 136.535 pada koordinat 218/51 serta nilai rata-rata GPP pada kurun waktu B yaitu 731.82. Nilai GPP bisa dimanfaatkan untuk mencegah terjadinya pemanasan global dengan cara penghijauan pada daerah yang nilai GPPnya rendah.

5. Kesimpulan

Proses pengolahan citra dari membaca citra satelit, koreksi reflektan, penghitungan NDVI, penghitungan PAR, penghitungan fAPAR dan penghitungan *Gross Primary Production* sudah berhasil diimplementasikan pada aplikasi. Nilai GPP rata-rata pada Kota Yogyakarta dengan kurun waktu Tanggal 1 Januari 2010 sampai Tanggal 6 Desember 2014 (Kurun Waktu A) adalah berkisar 792.415 dan nilai rata-rata GPP dengan kurun waktu Tanggal 1 Desember 2011 sampai Tanggal 1 Desember 2016 (Kurun Waktu B) adalah 731.82. Nilai GPP dengan kurun waktu A lebih baik penyerapan karbonnya dari pada kurun waktu B, dengan ini dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya tahun maka nilai GPP pada kota Yogyakarta semakin rendah.

Daftar Pustaka

- [1] A. Gema, "NASA : Suhu Temperatur Bumi Catat Rekor Terburuk," Gema, A. (2016, Januari Kamis). Retrieved from OKEZONETECHNO: , Kamis Januari 2016. [Online]: <http://techno.okezone.com/read/2016/01/21/56/1293547/nasa-suhu-temperatur-bumi-catat-rekor-terburuk>. [Accessed Selasa Juli 2017].
- [2] H. Muraoka, "Satellite Ecology (SATECO)-Linking Ecology, Remote Sensing and Micrometeorology, from Plot to Regional Scale, for The Study of Ecosystem Structure and Function. In R. T. Gates, & F. Stout (Eds.)," 2009.
- [3] Komag G.K, "Aplikasi Penghitungan Gross Primary Production dari Data Pengideraan Jauh.," *LONTAR KOMPUTER*, vol. 7, 2016.
- [4] L. a. Kiefer, *Remote Sensing nd Imge Interpretation*, New York, 1979.
- [5] Curran P.J., *Principles of Remote Sensing*, 1985.
- [6] Shoffan S, Sunardi and Anton Y, "Analisis Ekstraks Ciri Fertilitas Telur Ayam Kampung Dengan Grey Level Cooccurrence Matrix," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, 2017.
- [7] Shoffan S, Sunardi and Antton Y, "Analisis Perbandingan Pengolahan Citra Asli Dan Hasil Cropping Untuk Identifikasi Telur," *JuTISI*, vol. 2, p. 343, 2016.
- [8] Shoffan S, Sunardi and Anton Y, "Perbandingan Segmentasi Pada Citra Asli Dan Citra Kompresi Wavelet Untuk Identifikasi Telur," *ILKOM*, vol. 8, p. 191, 2016.

- [9] Sunardi, Anton Y and Shoffan S, "Thermal Imaging Untuk Identifikasi Telur," In *Asosiasi Program Pascasarjana Perguruan Tinggi Muhammadiyah (Appptm)*, Palembang, 2016.
- [10] Abdul F and Nur Tyas Anggreani, "Sistem Identifikasi Citra Jenis Cabai (*Capsicum Annum L.*) Menggunakan Metode Klasifikasi City Block Distance," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 1, p. 410, 2013.
- [11] Susanto, *Pengideraan Jauh Jilid I*, Yogyakarta, 1986.
- [12] As-syakur, *Estimation of Gross Primary Production Using Satellite Data and GIS in Urban Area*, Denpasar, 2009.
- [13] usgs.gov, "usgs.gov," usgs.gov, 12 Januari 2015. [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/>; https://phenology.cr.usgs.gov/ndvi_foundation.php. [Accessed 19 Juli 2017].
- [14] usgs.gov, "usgs.gov," usgs.gov, 29 November 2016. [Online]. Available: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. [Accessed 14 Juli 2019].
- [15] X. Y. Jianyong Ma, "Gross primary production of global forest ecosystems has been overestimated," *SCIENTIFIC REPORTS*, p. 1, 2015.
- [16] H. J. Bradford J.B., "The Relative Importance of Light-use Efficiency Modifications from Environmental Conditions and Cultivation for Estimation of Large-Scale Net Primary Productivity.," 2005.
- [17] S. O. a. R. Shibasaki, "GISdevelopment.net," 1999. [Online]. Available: <http://a-a-r-s.org/aars/proceeding/ACRS1999/Papers/AGS99-2.htm>. [Accessed 23 3 2017].