

ANALISIS FASE TUMBUH PADI MENGGUNAKAN ALGORITMA NDVI, EVI, SAVI, DAN LSWI PADA CITRA LANDSAT 8

Nur Wahidah Sudarsono; Bambang Sudarsono; Arwan Putra Wijaya^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp. (024) 76480785, 76480788
 Email: geodesi@undip.ac.id

ABSTRAK

Tanaman padi (*Oryza sativa*, sp) termasuk kelompok tanaman pangan yang sangat penting dan bermanfaat bagi kehidupan masyarakat Indonesia. Salah satu Kabupaten di Jawa Tengah dengan produksi yang cukup besar adalah kabupaten Kendal. Pada tahun 2013, produksi padi di Kendal mencapai 234.557 ton dari luas panen 45.221 Ha.

Dalam era globalisasi informasi untuk mendukung program ketahanan pangan, dituntut kecepatan dan ketepatan informasi sumberdaya pertanian yang lebih kuantitatif. Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memperoleh kecepatan dan ketepatan informasi sumberdaya pertanian tersebut. Dalam hal ini teknologi penginderaan jauh dapat berperan dengan memanfaatkan citra satelit temporal untuk menentukan fase tumbuh tanaman padi dengan mencari nilai indeks vegetasi dari tanaman padi, sehingga dapat diperkirakan berapa luas panen padi setiap tahunnya.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian untuk menganalisa fase tumbuh tanam padi pada daerah Kabupaten Kendal menggunakan teknologi penginderaan jauh, dimana penginderaan jauh merupakan teknologi yang sangat ideal digunakan mengingat beberapa kelebihan seperti jangkauan yang luas dan cepat.

Beberapa metode yang selama ini digunakan menentukan indeks vegetasi antara lain NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI. Selanjutnya metode-metode tersebut akan coba digunakan untuk menentukan fase tumbuh tanam padi. Dimana pada penelitian ini dianalisa metode mana yang memiliki model terbaik dalam menentukan fase tumbuh tanaman padi. Dan diperoleh kesimpulan bahwa metode NDVI memiliki pemodelan yang lebih baik dibandingkan metode-metode lainnya. Nilai koefisien determinasi (R^2) NDVI sebesar 0,868 dan model yang diperoleh yaitu $y = -0,0199X^2 + 0,2298X + 0,0539$.

Menurut hasil pengolahan citra satelit Landsat 8 menggunakan metode NDVI dan pemodelan NDVI yang telah dilakukan pada citra perekaman bulan Mei 2015, diperoleh hasil perkiraan luas panen padi untuk daerah Kabupaten Kendal seluas 1.872,655 Ha.

Kata kunci : Fase tumbuh tanam padi, Citra Satelit Landsat 8, Indeks Vegetasi, Luas panen.

ABSTRACT

Paddy (Oryza sativa, sp) is including to a group of crops food which very important and useful for the life of the Indonesian people. One of regency in Central Java with a large of paddy production is Kendal regency. In 2013, paddy production in Kendal reached 234.557 tons by 45.221 hectares harvested area .

In this globalization era, to support the information for food security program, required more quantitative high rate and accuracy of agricultural resources. Remote sensing technology is one of technology that can be utilized to obtain the high rate and accuracy of information about the agricultural resources. In this case, remote sensing technology can play a role by using temporal satellite images to determine the growth stage of paddy plants by looking at the vegetation index value of the paddy plant, so it can be estimated paddy harvested area annually.

Based on the description above, the research conducted to analyze the phase of paddy growth in the Kendal area using remote sensing technology, where remote sensing is a technology that is ideally used considering several advantages such as wide coverage and fast.

Some of the methods that have been used for determine vegetation index are NDVI, EVI, SAVI, and LSWI. Furthermore, these methods will be used for trying to determine the phase of paddy growth. In this study will be analyzed which method that has the best model for determining the phase of paddy growth. Then concluded that the NDVI has a modeling method which better than other methods. The coefficient of determination (R^2) of NDVI is 0,868 with obtained model is $y = -0,0199X^2 + 0,2298X + 0,0539$.

According to the results of Landsat 8 satellite image processing using NDVI method and NDVI modeling that has been done to the recording image in May 2015, the estimation result of paddy harvested area on Kendal regency about 1872,655 Ha.

Keywords : The phase of paddy growth, Landsat 8 Satellite Imagery, Vegetation Index, Harvested area.

^{*) Penulis, Penanggungjawab}

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Menurut Badan Pusat Statistik Jawa Tengah, pada tahun 2011 produksi padi baik dari sawah atau ladang di Jawa Tengah telah mencapai 9.391.959 ton. Kabupaten di Jawa Tengah dengan produksi yang cukup besar salah satunya adalah kabupaten Kendal. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya luas lahan yang digunakan untuk pertanian.

Studi penggunaan citra satelit untuk memonitor pertumbuhan tanaman padi telah banyak dilakukan. Beberapa dari penelitian tersebut diantaranya untuk estimasi hasil padi (Xiao et al. 2005; Nuarsa et al, 2011). Parameter tingkat kehijauan tanaman (*vegetation index*) yang diturunkan melalui analisis citra satelit dapat digunakan untuk membuat estimasi umur tanaman padi. Beberapa indeks vegetasi yang andal dalam hal mengestimasi umur tanaman padi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*), SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*).

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian untuk menganalisa fase tumbuh tanaman padi pada daerah Kabupaten Kendal menggunakan teknologi penginderaan jauh, dimana penginderaan jauh merupakan teknologi yang sangat ideal digunakan mengingat beberapa kelebihan seperti jangkauan yang luas dan cepat.

I.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana hasil penggunaan algoritma NDVI, EVI, SAVI dan LSWI dalam analisis fase tumbuh padi di Kabupaten Kendal?
2. Berapa luas panen padi di Kabupaten Kendal berdasarkan pemetaan fase tumbuh padi menggunakan model terbaik dari algoritma NDVI, EVI, SAVI dan LSWI di Kabupaten Kendal?

I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut :

1. Daerah penelitian ini merupakan daerah persawahan yang ditumbuhi padi pada daerah Kabupaten Kendal, Jawa Tengah
2. Citra yang digunakan pada penelitian ini yaitu citra *Landsat-8* pada perekaman bulan Mei 2015.
3. Algoritma yang digunakan adalah algoritma NDVI, EVI, SAVI dan LSWI
4. Identifikasi fase tumbuh padi dilakukan dalam 9 fase

I.4. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Menganalisis fase tumbuh tanaman padi menggunakan algoritma NDVI, EVI, SAVI dan LSWI dengan Citra *Landsat-8*.
2. Mengetahui berapa luas panen padi dengan pemetaan fase tumbuh padi di Kabupaten Kendal.










II. TINJAUN PUSTAKA

II.1. Padi dan Fase Tumbuh Padi

Padi (*Oryza sativa*,sp) merupakan salah satu tanaman budidaya terpenting dalam peradaban. Tanaman padi tersebar luas di seluruh dunia dan tumbuh di hampir semua bagian dunia. Bagi masyarakat Indonesia padi termasuk tanaman pangan yang sangat penting dan bermanfaat. Sebagian besar masyarakat Indonesia memanfaatkan padi sebagai makanan pokok selain sumber makanan yang lain seperti sagu dan jenis umbi-umbian lainnya.

Tanaman padi biasanya memerlukan waktu 3-4 bulan untuk tumbuh mulai dari pembenihan sampai dengan panen, tergantung dari jenis varietas padi dan kondisi tempat tanaman padi tumbuh. Pada periode tumbuh tersebut tanaman padi melalui beberapa tahap pertumbuhan, menurut *International Paddy Research Institute (IRRI)* Philipina tahap pertumbuhan dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap utama yaitu: vegetatif, reproduktif dan pemasakan. Masing-masing tahap utama dibagi menjadi beberapa kelompok lagi seperti berikut.

Tabel.1. Tahapan Pertumbuhan Padi

Tahap Pertumbuhan	Tahapan	Keterangan
Vegetatif	1. <i>Seedling</i> yaitu penanaman bibit pada lahan yang sudah diolah dan disiapkan.	
	2. <i>Tillering</i> yaitu bibit padi mulai tumbuh, daun mulai bertambah banyak.	
	3. <i>Stem elongation</i> yaitu padi mulai tumbuh tinggi dan daun mulai menutup.	
Reproduktif	4. <i>Panicle, initiation booting</i> , yaitu padi mulai bunting.	
	5. <i>Heading</i> yaitu malai mulai keluar.	
	6. <i>Flowering</i> yaitu malai berkembang dan keluar bunga.	
Ripening / Pemasakan	7. <i>Milk grain</i> yaitu butiran padi mulai berisi biasanya masih berbentuk seperti susu.	
	8. <i>Dough grain</i> yaitu biji padi mulai mengeras dan daun masih berwarna hijau.	
	9. <i>Mature grain</i> yaitu tahap pemasakan biji padi sampai akhirnya siap dipanen.	

II.2. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan suatu bentuk transformasi spektral yang diterapkan terhadap citra multisaluran untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek lain yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index* (LAI), konsentrasi klorofil dan sebagainya. Secara praktis, indeks vegetasi ini merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi.

Berkaitan dengan hal itu, dalam penelitian ini dilakukan analisis fase tumbuh padi menggunakan algoritma NDVI, EVI, SAVI dan LSWI pada Citra Landsat-8. Adapun indeks vegetasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Untuk algoritma NDVI, rumus yang dimasukkan adalah (Lillesand and Keifer, 1994):

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- ρ_{NIR} : nilai band inframerah dekat
- ρ_{RED} : nilai band merah

Untuk algoritma EVI, rumus yang dimasukkan adalah (Huete, 1997):

$$EVI = G * \frac{NIR - Red}{(L + NIR + C_1 Red - C_2 Blue)} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- NIR : nilai band inframerah dekat
- RED : nilai band merah
- G : faktor skala dari EVI, bernilai 2,5
- L : faktor kalibrasi tanah, bernilai 1
- C₁ : faktor untuk mengatasi aerosol, bernilai 6
- C₂ : faktor untuk mengatasi aerosol, bernilai 7,5

Untuk algoritma SAVI, rumus yang dimasukkan adalah (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(1+L) (\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2 + \rho_1 + L} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- ρ_{NIR} : nilai band inframerah dekat
- ρ_{RED} : nilai band merah
- L : faktor kalibrasi tanah, bernilai 0,5

Untuk algoritma LSWI, rumus yang dimasukkan adalah (Gao, 1996):

$$LSWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- ρ_{NIR} : nilai band inframerah dekat
- ρ_{SWIR} : nilai band inframerah tengah

II.3. Analisis Regresi

Metode Regresi adalah suatu metode statistik untuk menyelidiki dan memodelkan hubungan antara dua variabel atau lebih. Untuk menentukan bentuk

hubungan (regresi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas (X) dengan variabel tak bebas (Y). Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya ketergantungan variabel yang satu dengan variabel yang lainnya dan sebaliknya. Kedua variabel biasanya bersifat kausal atau mempunyai hubungan sebab akibat yaitu saling berpengaruh. Sehingga dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah sebagai suatu fungsi $Y = f(X)$. Dengan demikian bentuk fungsi atau regresi dapat digolongkan menjadi beberapa macam yaitu:

1. Regresi Linier
Regresi linier ialah bentuk hubungan di mana variabel bebas X maupun variabel tergantung Y sebagai faktor yang berpangkat satu
2. Regresi Non Linier
Regresi non linier ialah bentuk hubungan atau fungsi di mana variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai faktor atau variabel dengan pangkat tertentu. Selain itu, variabel bebas X dan atau variabel tak bebas Y dapat berfungsi sebagai penyebut (fungsi pecahan), maupun variabel X dan atau variabel Y dapat berfungsi sebagai pangkat fungsi eksponen = fungsi perpangkatan. Salah satu bentuk dari regresi non linier adalah Regresi Polinomial.

Dalam regresi juga dikenal dengan yang namanya analisis koefisien determinasi (uji R²), dimana uji R² atau uji determinasi merupakan suatu ukuran yang penting dalam regresi, karena dapat menginformasikan baik atau tidaknya model regresi yang terestimasi, atau dengan kata lain angka tersebut dapat mengukur seberapa dekatkah garis regresi yang terestimasi dengan data sesungguhnya. Nilai koefisien determinasi (R²) ini mencerminkan seberapa besar variasi dari variabel terikat Y dapat diterangkan oleh variabel bebas X. Bila nilai koefisien determinasi sama dengan 0 (R² = 0), artinya variasi dari Y tidak dapat diterangkan oleh X sama sekali. Sementara bila R² = 1, artinya variasi dari Y secara keseluruhan dapat diterangkan oleh X. Dengan kata lain bila R² = 1, maka semua titik pengamatan berada tepat pada garis regresi. Dengan demikian berada baik atau buruknya suatu persamaan regresi ditentukan oleh R² nya yang mempunyai nilai antara nol dan satu (Gujarati, 1995). Bentuk fungsi dari R² adalah sebagai berikut.

$$R^2 = \frac{n(a\bar{Y} + b_1 - \sum YX_1 - (\sum Y)^2)}{n(\sum Y^2 - (\sum Y)^2)} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

- R² : koefisien determinasi
- a : penghitungan konstanta
- b : koefisien regresi
- n : jumlah pengamatan
- X : variabel bebas
- Y : variabel tak bebas

III. METODE PENELITIAN

III.1. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sebagai berikut:

1. Citra Landsat 8 OLI wilayah Kabupaten Kendal (WRS 2, path 120, row 65) perekaman 29 Mei 2015
2. Peta Dasar Rupabumi Skala 1 : 25.000
3. Peta Vektor Sawah Kabupaten Kendal

III.2. Peralatan Penelitian

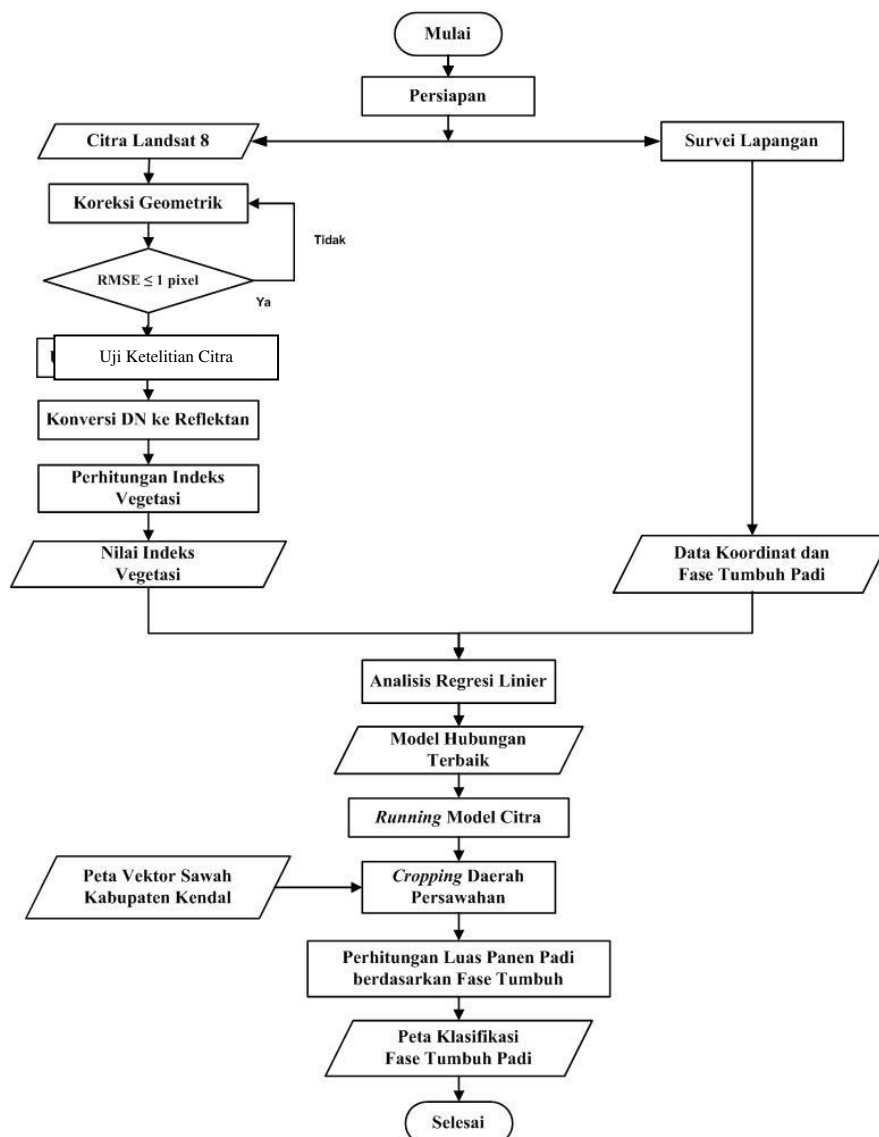
Perangkat penelitian yang digunakan dalam penelitian antara lain :

- a. Perangkat Keras (*hardware*) yang terdiri dari :
 - 1) Laptop HP Pavilion G4 Intel® Core™ i3-2310M CPU @ 2.10GHz (4 CPUs),~ 2.10GHz, RAM 2,00 GB.
 - 2) Kamera Digital
 - 3) GPS *Handheld*
- b. Perangkat Lunak (*software*) yang terdiri dari:

- 1) *ENVI 5.1* digunakan untuk melakukan koreksi radiometrik, dan proses penggabungan band citra hasil *download*, koreksi geometrik, memasukkan rumus algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI, konversi data *raster* ke data vektor (.*erv*) dan konversi data vektor ke data *shapefile* (.*shp*).
- 2) *ArcGIS 10.1*, digunakan untuk melakukan proses konversi data raster ke data *shapefile* vektor, editing data *shapefile* vektor, serta proses editing data hasil pengolahan.
- 3) *Microsoft Word* digunakan untuk penyusunan laporan penelitian.
- 4) *Microsoft Excel* digunakan untuk perhitungan analisis regresi linear.

II.3. Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian ini tersaji dalam diagram alir di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini memiliki 4 (empat) tahapan penting, antara lain:

III.4. Persiapan citra

Pada tahap ini dilakukan proses koreksi Radiometrik dan Geometrik. Proses koreksi radiometrik dilakukan dengan konversi nilai DN ke nilai *TOA Radiance*. Rumus yang digunakan pada konversi ini yaitu (USGS,2013):

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \dots \dots \dots (6)$$

dengan :

$\rho\lambda'$: *TOA spectral radiance*, tanpa koreksi sudut pengambilan. $\rho\lambda'$ tidak memuat koreksi untuk sudut matahari

Qcal : nilai piksel (DN),

Mp : konstanta *rescaling* (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

Ap : konstanta penambah (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, di mana x adalah band yang digunakan)

Untuk mendapatkan nilai reflektan, maka harus di koreksi sudut matahari sebagai berikut (USGS,2013):

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{se})} \dots \dots \dots (7)$$

dimana:

$\rho\lambda'$: *TOA planetary reflectance* (tanpa unit),

$\rho\lambda$: *TOA spectral radiance*

θ_{se} : Sudut elevasi matahari ketika perekaman (*sun elevation*)

θ_{sz} : Sudut zenith; $\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{se}$

Selanjutnya dilakukan koreksi geometrik untuk mengkoreksi koordinat Kabupaten Kendal agar lebih sesuai dengan koordinat di lapangan mengacu pada peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000 daerah Kabupaten Kendal. Proses koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan software *ENVI 5.1* dan *ArcMap 10.1* untuk membuka *file .shp* peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000.

Setelah dilakukan koreksi Geometrik, selanjutnya adalah uji ketelitian geometri peta yang bertujuan untuk mengetahui nilai ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada citra dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Koordinat pada citra menggunakan peta RBI sebagai acuannya, sedangkan koordinat posisi objek sebenarnya diperoleh dengan melakukan validasi lapang menggunakan *GPS Handheld*.

Serta dilakukan pemotongan citra untuk memperkecil objek kajian sesuai dengan wilayah administrasi yang telah ditentukan.

II.5. Pengolahan dengan Algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI

Setelah *preprocessing* selesai dilakukan, dilanjutkan dengan proses inti dari penelitian ini yaitu pengolahan citra *Landsat 8* dengan menggunakan algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI. Proses pengolahan menggunakan software *ENVI 5.1*.

Setelah pengolahan citra *Landsat 8* dengan menggunakan algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI, data koordinat *fase* tumbuh yang diperoleh dari survei lapangan di *overlay* ke citra NDVI, EVI, SAVI dan LSWI untuk mengetahui nilai indeks tiap *fase*.

Dari hasil tersebut digunakan untuk proses regresi yang dilakukan untuk mendapatkan model hubungan terbaik dari keempat algoritma yang digunakan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Uji Ketelitian Geometri Citra

Setelah dilakukan koreksi Geometrik, selanjutnya adalah uji ketelitian geometri citra yang bertujuan untuk mengetahui nilai ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Hasil uji ketelitian geometri peta ditampilkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Ketelitian Peta Dasar

No	X di Citra (m)	X Pengukuran (m)	dx (m)	dx ² (m ²)	Y di Citra (m)	Y Pengukuran (m)	dy (m)	dy ² (m ²)	dx ² +dy ² (m ²)	
1	415.464,541	415.460,951	3,590	12,888	9.231.671,768	9.231.675,330	-3,562	12,687	25,576	
2	413.605,691	413.609,008	-3,317	11,002	9.232.571,365	9.232.568,112	3,253	10,582	21,584	
3	411.803,105	411.799,930	3,175	10,080	9.234.670,559	9.234.673,738	-3,179	10,106	20,187	
4	407.574,673	407.570,643	4,030	16,240	9.234.281,577	9.234.278,003	3,574	12,773	29,014	
5	404.304,834	404.301,733	3,101	9,616	9.233.230,728	9.233.234,470	-3,742	14,002	23,619	
6	400.047,331	400.049,459	-2,128	4,528	9.231.251,416	9.231.248,410	3,006	9,036	13,564	
7	395.153,611	395.157,599	-3,988	15,904	9.229.478,054	9.229.481,269	-3,215	10,336	26,240	
8	397.884,504	397.887,163	-2,659	7,070	9.228.249,482	9.228.252,632	-3,150	9,9225	16,993	
9	405.534,014	405.530,094	3,919	15,362	9.228.971,065	9.228.974,628	-3,563	12,697	28,060	
10	412.733,926	412.730,678	3,248	10,549	9.230.290,808	9.230.287,209	3,599	12,952	23,502	
									Jumlah (m)	228,340
									rata-rata (m)	22,834
									RMSE (m)	4,7784
									CE90 (m)	7,2512

Dari tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa peta ini memiliki ketelitian horisontal sebesar 7,2512 meter. Kelas ketelitian peta ini adalah ketelitian horisontal kelas 2 pada skala 1:25.000

IV.2. Hasil Pengolahan Algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI

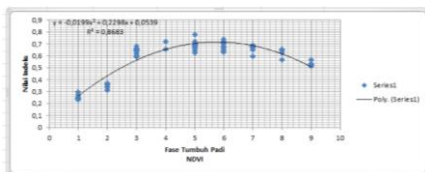
Dari hasil analisis data satelit Landsat 8 dengan memasukkan rumus dari keempat algoritma yaitu NDVI, EVI, SAVI dan LSWI pada sensor Landsat 8 maka diperoleh nilai indeks vegetasi dari masing-masing algoritma tersebut. Dari hasil pengolahan tersebut diperoleh nilai maksimum, minimum, rata-rata dan standar deviasi dari keempat algoritma tersebut dan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Nilai Indeks Vegetasi

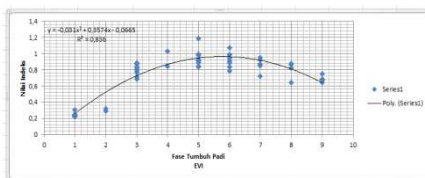
Indeks Vegetasi	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	Standar Deviasi
NDVI	- 0,579749	0,868464	0,521497	0,310738
EVI	- 0,498404	2,545865	0,389736	0,427496
SAVI	- 0,243940	0,787378	0,22992	0,236310
LSWI	- 0,420841	0,866357	0,324192	0,133707

Selanjutnya analisis regresi dilakukan untuk memperoleh model persamaan regresi selama pertumbuhan tanaman padi. Bentuk persamaan yang akan digunakan adalah polinom orde 2 untuk indeks vegetasi NDVI, EVI, dan SAVI sedangkan untuk indeks vegetasi LSWI menggunakan regresi linier sederhana. Untuk mengetahui kisaran nilai dari setiap indeks vegetasi pada selang umur padi tertentu, maka dapat diduga berdasarkan model.

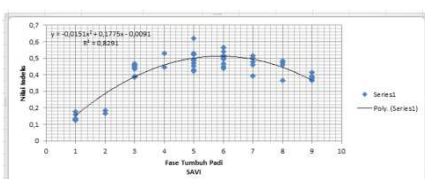
Proses regresi dilakukan antara fase tumbuh dan nilai indeks vegetasinya untuk mendapatkan model dari keempat algoritma.



Gambar 2. Kurva hasil regresi antara fase tumbuh dan nilai indeks vegetasi NDVI

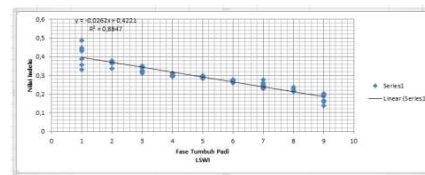


Gambar 3. Kurva hasil regresi antara fase tumbuh dan nilai indeks vegetasi EVI



Gambar 4. Kurva hasil regresi antara fase tumbuh

dan nilai indeks vegetasi SAVI



Gambar 5. Kurva hasil regresi antara fase tumbuh dan nilai indeks vegetasi LSWI

Dari hasil regresi diatas, terlebih dahulu dilakukan uji t untuk mengetahui apakah variabel dari keempat model tersebut masuk ke dalam kriteria pemodelan. Hasil uji t yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada regresi metode NDVI diperoleh nilai probabilitas (sig.) = 0,000 dan $t_{hitung} = 16,952$ sehingga disimpulkan bahwa variabel yang ada pada metode NDVI masuk ke dalam pemodelan.
2. Pada regresi metode EVI diperoleh nilai probabilitas (sig.) = 0,000 dan $t_{hitung} = 14,697$ sehingga disimpulkan bahwa variabel yang ada pada metode EVI masuk ke dalam pemodelan.
3. Pada regresi metode SAVI diperoleh nilai probabilitas (sig.) = 0,000 dan $t_{hitung} = 13,981$ sehingga disimpulkan bahwa variabel yang ada pada metode SAVI masuk ke dalam pemodelan.
4. Pada regresi metode LSWI diperoleh nilai probabilitas (sig.) = 0,000 dan $t_{hitung} = 20,733$ sehingga disimpulkan bahwa variabel yang ada pada metode LSWI masuk ke dalam pemodelan.

Dari hasil proses regresi dari setiap metode, menciptakan model sebagai berikut :

- NDVI : $y = - 0,0199X^2 + 0,2298X + 0,0539$
- EVI : $y = - 0,031X^2 + 0,3574X + 0,0665$
- SAVI : $y = - 0,0151X^2 + 0,1775X + 0,0091$
- LSWI : $y = - 0,0262X + 0,0539$

dimana x adalah fase tumbuh. Dari model tersebut digunakan untuk memunculkan rentang fase tumbuh padi dari setiap metode.

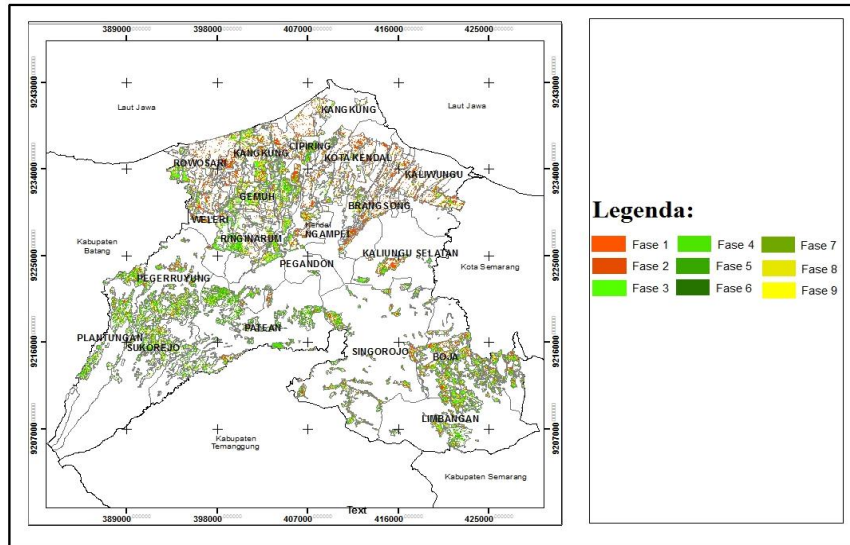
IV.3. Penentuan Model Terbaik

Penentuan model terbaik dilakukan dengan memperhatikan besar nilai koefisien determinasi (R^2) paling besar dari masing-masing regresi. Dari hasil pengolahan diatas diperoleh model terbaik adalah NDVI dimana memiliki nilai koefisien determinasi terbesar yaitu 0,8683. Hal tersebut disebabkan karena NDVI lebih sensitif terhadap klorofil, sehingga klorofil dapat membaurkan faktor kerapatan daun. Karena pada prinsipnya nilai NDVI berdasar pada kontras antara absorpsi maksimum klorofil pada panjang gelombang merah dan reflektansi maksimum pada infrared yang disebabkan oleh struktur sel daun, sehingga efek dari atmosfer dianggap tidak berpengaruh besar pada hamburan klorofil tersebut. (Sari, 2015). Sesuai pada penelitian ini, koreksi

radiometrik yang dilakukan adalah konversi nilai *Digital Number* (DN) ke nilai reflektan TOA (*Top of Atmosphere*), sehingga NDVI yang tidak terlalu berpengaruh pada efek atmosfer menjadi model terbaik dibandingkan dengan 3 algoritma lain yang lebih membutuhkan kondisi atmosfer yang lebih baik. Selain itu, NDVI juga masih merespon sinyal vegetasi pada kondisi daerah yang memiliki variasi topografi. Dimana daerah sawah di Kabupaten Kendal memiliki topografi yang bervariasi dan NDVI memiliki efektivitas untuk memprediksi sifat permukaan ketika kanopi vegetasi tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jarang (Liang, 2004).

IV.4. Peta Distribusi Fase Tumbuh Tanaman Padi

Berdasarkan hasil *running* model hubungan terbaik yaitu NDVI citra Landsat 8 dan memanfaatkan LSWI citra Landsat 8 sebagai indeks bantu untuk klasifikasi fase tumbuh padi, maka dibuatlah peta distribusi fase pertumbuhan tanaman padi Kabupaten Kendal bulan Mei 2015. Peta ini telah ditampilkan dengan peta vektor area persawahan Kabupaten Kendal untuk menghilangkan daerah yang bukan sawah



Gambar 6. Peta Distribusi Fase Tumbuh Tanaman Padi Kabupaten Kendal Bulan Mei 2015

Untuk mendapatkan luasan area tiap fase tumbuh, digunakan proses *Raster to Polygon* untuk merubah format asli citra yaitu raster menjadi vektor, dalam hal ini berupa luasan (poligon). Dengan begitu, luasan tiap fase tumbuh dapat dihitung dan diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Jumlah Luasan Masing-masing Fase Tumbuh Hasil Klasifikasi

Fase Tumbuh	Nama	Luasan (Ha)
1	<i>Seedling</i>	1.860,356
2	<i>Tillering</i>	3.119,233
3	<i>Stem Elongation</i>	3.591,599
4	<i>Panicle</i>	2.875,599
5	<i>Heading</i>	1.446,320
6	<i>Flowering</i>	218,489
7	<i>Milk Grain</i>	553,441
8	<i>Dough Grain</i>	561,828
9	<i>Mature Grain</i>	757,386
Luas Panen		14.984,249

Dari pengambilan sampel di lapangan juga dilakukan wawancara terhadap pemilik atau

penggarap sawah untuk mengetahui luas lahan sawah dan hasil produksinya setiap kali panen dengan pemilihan lokasi secara acak. Hasil produksi dengan luasan yang berbeda kemudian dikonversikan ke nilai ubinan yaitu hasil panen dalam kilogram pada lahan sawah seluas 6,25 m².

Tabel 5. Nilai Ubinan Hasil Survei Lapangan

No	Koordinat		Nilai Ubinan (Kg/6,25 m ²)
	X (m)	Y (m)	
1	402.050,168	9.234.387,420	4,808
2	401.854,849	9.231.393,949	4,750
3	420.774,568	9.207.369,998	4,437
4	423.938,359	9.214.478,672	4,437
5	421.167,118	9.230.378,160	4,453
6	421.079,561	9.230.404,458	4,167
7	418.911,406	9.213.617,090	5,096
8	396.082,079	9.230.344,839	5,048
Nilai ubinan terendah			4,167
Nilai ubinan tertinggi			5,096
Rata-rata			4,649

Nilai produktivitas yang digunakan dalam perhitungan produksi adalah produktivitas gabah kering panen (GKP) yang merupakan nilai ubinan rata-rata yang dikalikan dengan faktor pengali sebesar 16. Nilai ubinan sendiri merupakan berat total padi dari hasil panen atau sampel seluas 2,5 × 2,5 meter. Padi pada sampel tersebut kemudian dipotong, dirontokkan, dan ditimbang. Untuk perhitungan nilai GKP dapat dilihat pada rumus 8 (Said dkk. 2015).

$$GKP = U_r \times 16 \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :
 GKP = Gabah kering panen (kw/ha)
 U_r = Nilai ubinan rata-rata (kg/m)

Dari hasil pengambilan sampel nilai ubinan di lapangan kemudian dihitung nilai ubinan rata-rata yang diasumsikan dapat mewakili nilai ubinan secara keseluruhan di kabupaten Kendal. Nilai ubinan rata-rata digunakan untuk menghitung produktivitas Gabah Kering Panen (GKP) dengan menggunakan rumus (7).

$$GKP = 4,649 \times 16 = 74,384 \text{ Kw/Ha}$$

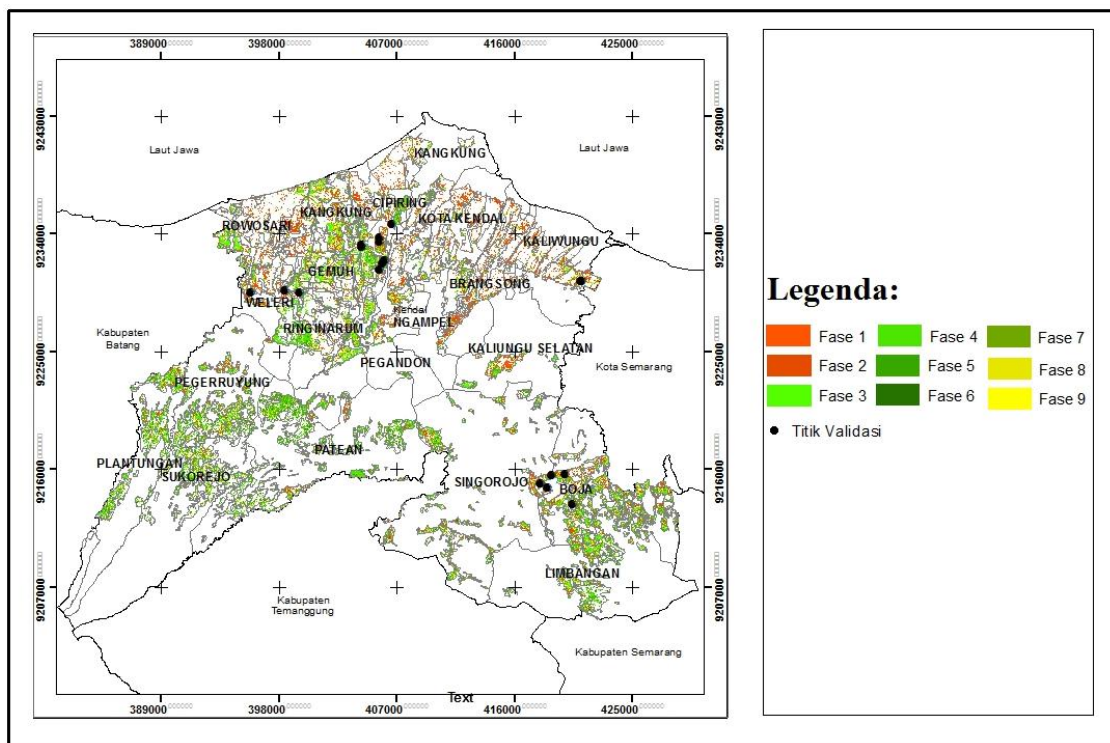
Dari hasil perhitungan didapatkan nilai produktivitas sebesar 74,384 Kw/Ha. Nilai produktivitas GKP kemudian dikalikan dengan luas lahan sawah yang terdapat di kabupaten Kendal. Sehingga diperoleh perkiraan produksi padi di Kabupaten Kendal pada saat penelitian adalah 5.633,740 ton. Luas panen yang digunakan adalah luas sawah pada saat fase 9 dengan luas 757,386 Ha.

IV.5. Validasi Lapangan

Validasi lapangan dilakukan untuk membandingkan hasil pengolahan data dengan kenyataan di lapangan. Metode yang dilakukan dalam validasi ini adalah sampel acak dengan mengambil 18 titik sampel di sebagian sawah Kabupaten Kendal. Teknik pengambilan data validasi yaitu mengambil data koordinat dan foto sawah pada 30 Mei – 02 Juni 2015. Persentase kesesuaian hasil validasi dan pengolahan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kesesuaian Validasi dan Lapangan} = \frac{\text{Jumlah Sesuai}}{\text{Total Sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Peta persebaran titik validasi lapangan di Kabupaten Kendal dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Peta Persebaran Titik Validasi Lapangan Kabupaten Kendal

Berdasarkan hasil pengolahan pada Juni 2015 dilakukan klasifikasi fase tumbuh padi menjadi 9 kelas. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam melakukan kesesuaian hasil validasi di lapangan dengan pengolahan. Hasil validasi lapangan di Kabupaten Kendal pada 30 Mei sampai dengan 02 Juni 2015 disajikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Cuplikan Validasi Lapangan

No	Kecamatan	Koordinat	Hasil Validasi	Hasil Pengolahan	Kesesuaian Hasil Validasi dengan Hasil Pengolahan	
					Sesuai	Tidak Sesuai
1	Cepiring	X : 405.628,6660 Y : 9.233.414,5820	Fase 1	Fase 1	√	
2	Boja	X : 420.387,2765 Y : 9.213.317,7003	Fase 2	Fase 2	√	
3	Weleri	X : 395.840,9666 Y : 9.229.540,1619	Fase 3	Fase 4		√
4	Weleri	X : 398.449,818 Y : 9.229.666,445	Fase 4	Fase 4	√	
5	Boja	X : 419.874,7679 Y : 9.215.650,1802	Fase 5	Fase 6		√
6	Cepiring	X : 405.895,227 Y : 9.231.699,091	Fase 6	Fase 6	√	
7	Cepiring	X : 405.685,842 Y : 9.231.220,383	Fase 7	Fase 7	√	
8	Kangkung	X : 404.307,084 Y : 9.233.020,107	Fase 8	Fase 8	√	
9	Kaliwungu	X : 421.167,118 Y : 9.230.378,161	Fase 9	Fase 9	√	

Berdasarkan hasil validasi lapangan yang di hitung dengan rumus (9) diperoleh hasil sebagai berikut:

Persentase Kesesuaian Validasi dan Lapangan

$$= \frac{16}{18} \times 100\% = 88,89\%$$

Dari 18 titik validasi diperoleh 16 titik yang sesuai dengan hasil pengolahan, dengan persentase kesesuaian hasil validasi dan lapangan adalah sebesar 88,89 %. Untuk melihat hasil validasi lapangan yang lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Perbedaan hasil pengolahan data dan kejadian di lapangan disebabkan karena di daerah Kabupaten Kendal waktu masa tanam padi di suatu daerah cukup beragam, sehingga cukup sulit dalam melakukan analisis pada citra Landsat 8 yang memiliki resolusi spasial 30 meter. Titik sampel yang tidak sesuai berada pada fase 3 dan fase 4 serta fase 5 dan fase 6, hal ini dikarenakan antara fase 3 dan fase 4 serta fase 5 dan fase 6 memiliki tingkat kehijauan yang hampir sama.

V. Penutup

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis regresi yang dilakukan pada 4 metode yaitu NDVI, EVI, SAVI dan LSWI setelah dilakukan uji signifikansi serta penentuan model terbaik menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2) ditentukan bahwa

model terbaik yang digunakan untuk analisis fase tumbuh tanaman padi adalah metode NDVI dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,868 dengan model $y = - 0,0199X^2 + 0,2298X + 0,0539$.

2. Setelah diperoleh model terbaik dari hasil regresi yaitu metode NDVI, yang kemudian diaplikasikan pada citra olahan metode NDVI maka diperoleh luas panen pada saat penelitian pada Mei 2015 yaitu seluas 1.872,655 Ha dengan prosentase 12,49% dari jumlah total luas panen yang terklasifikasi atau 7,15% dari total luas sawah di Kabupaten Kendal. Jumlah luas panen pada saat penelitian tersebut, berdasarkan jumlah luas tanaman padi pada fase 7 (*milk grain*) hingga fase 9 (*mature grain*) dimana pada fase tersebut butiran padi mulai matang sehingga kemungkinan gagal panen sangat rendah. Dalam penelitian ini juga diperoleh perkiraan produksi padi pada saat penelitian pada lokasi yang diteliti di Kabupaten Kendal berdasarkan fase 9 (*mature grain*) yang siap panen dengan luas 757,386 Ha yang dikalikan dengan hasil perhitungan produktivitas Gabah Kering Panen (GKP) sebesar 7,438 ton/Ha. Sehingga diperoleh perkiraan produksi padi di Kabupaten Kendal pada saat penelitian adalah 5.633,740 ton.

V.2. Saran

Setelah melakukan penelitian ini terdapat beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan analisis fase tumbuh padi menggunakan algoritma NDVI, EVI, SAVI, dan LSWI :

1. Dalam melakukan penelitian ini sebaiknya memperhitungkan waktu perekaman citra. Penelitian sebaiknya dilakukan pada pertengahan musim kemarau, hal ini untuk mendapatkan citra yang bebas atau minim dari tutupan awan.
2. Survey lapangan sebaiknya dilakukan dalam waktu yang berdekatan dengan perekaman citra, yaitu dalam rentang 3 hari sebelum perekaman dan 3 hari setelah perekaman. Hal ini dilakukan karena pertumbuhan padi yang relatif cepat.
3. Dalam perhitungan luas lahan sawah menggunakan citra satelit, sebaiknya menggunakan citra satelit yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi dari citra Landsat sehingga menghasilkan akurasi yang lebih baik.

Xiao, X., dkk. 2005. *Mapping paddy rice agriculture in southern China using multi-temporal MODIS images. Remote Sensing of Environment*, 95, 480–492.

DAFTAR PUSTAKA

- Gao, B.C., 1996, *NDWI a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space, Remote Sensing of Environment*, 58:257-266.
- Gujarati, Damodar, 1995. *Ekonometrika Dasar*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Huete AR, Liu HQ, Batchily K dan Van Leeuwen W. 1997. *A Comparisons of Vegetation Indices Global Set of TM Images for EOS MODIS. Remote Sensing of Environment* 59 : 440 - 451.
- Huete, A.R. 1988. *A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment*, 25, pp. 295–309.
- Liang, S., (2004). “*Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo I Algorithms*”, *Remote Sensing of Environment*, Vo. 76, pp. 213-238.
- Lillesand Th.M. and Ralp W. Keifer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation. John Willey and Sons. New York*.
- Said, H.I., Subiyanto, S., dan Yuwono, B.D. (2015) : *Analisis Produksi Padi Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Pekalongan*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sari, V.D, dan Sukojo, B.M., (2015), *Analisa Estimasi Produksi Padi Berdasarkan Fase Tumbuh Dan Model Peramalan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro)*, Surabaya: Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- USGS, 2013. *Using the USGS Landsat 8 Product*. http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php, diakses pada 11 Agustus 2015