

**ANALISIS REGRESI LINIER TERHADAP POLA HISTOGRAM
SPEKTRAL ALGORITMA NDVI, EVI DAN LSWI UNTUK
MENGESTIMASI TINGKAT PRODUKTIVITAS PADI
(Studi Kasus : Kabupaten Demak, Jawa Tengah)**

Kurnia Wisnu Aziz, Yudo Prasetyo, Abdi Sukmono^{*)}

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : kurniawisnua@gmail.com

ABSTRAK

Beras merupakan salah satu bahan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Jumlah penduduk yang terus bertambah membuat permintaan beras semakin meningkat. Namun luas sawah semakin menurun. Pemerintah Indonesia ingin mewujudkan swasembada beras pada tahun 2017. Beberapa program ketahanan pangan dilaksanakan untuk mencapainya. Salah satunya adalah memprediksi atau memperkirakan produksi dan konsumsi beras. Kabupaten Demak merupakan salah satu kabupaten yang menjadi penyangga pangan nasional. Hal tersebut terbukti dengan capaian pada tahun 2015, produksi padi yang mencapai 653.547 ton gabah kering giling (GKG). Teknologi penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk memperoleh kecepatan dan ketepatan informasi dalam bidang pertanian. Dalam hal ini penginderaan jauh berperan dengan memanfaatkan citra satelit Landsat 8 multitemporal untuk mengestimasi produktivitas padi dengan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*). Metode pemodelan estimasi produktivitas padi dalam penelitian ini akan dibangun berdasarkan analisis regresi linier berganda antara produktivitas padi dan indeks vegetasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma NDVI dan LSWI merupakan kombinasi regresi linier berganda terbaik dalam estimasi tingkat produktivitas padi yang menghasilkan koefisien determinasi sebesar 0,639. Validasi persamaan model regresi terhadap data Dinas Pertanian Kabupaten Demak memiliki selisih sebesar 45,742 Kw/Ha dengan tingkat RMSE 8,394 Kw/Ha. Model yang terbentuk dapat berlaku pada *subround* kedua yaitu masa panen bulan Mei hingga Agustus.

Kata Kunci : EVI, LSWI, NDVI, Produktivitas Padi

ABSTRACT

Rice is one of the main foods for most Indonesians. The increasing population makes rice demand more and more. But the area of rice field decreased. The Indonesian government wants to realize rice self-sufficiency by 2017. Several food security programs are implemented to achieve it. One of them is predicting or estimating rice production and consumption. Demak Regency is one of the districts that become the national food support. This is prove with the achievements in 2015, rice production was reach 653,547 tons of dry milled grain (GKG). Remote sensing technology can be utilized to obtain the speed and accuracy of information in agriculture. In this case remote sensing acts by utilizing multilayered Landsat 8 satellite images to estimate the productivity of rice with NDVI algorithms (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) and LSWI (Land Surface Water Index). The method of estimating rice productivity in this study will based on multiple linear regression analysis between rice productivity and vegetation index. The results of this research indicate that NDVI and LSWI algorithm is the best combination of linear regression in estimation of rice productivity level which produce coefficient of determination equal to 0.639. Validation of regression model equation to Demak District Agriculture Department data has difference 45,742 Kw / Ha with RMSE 8,394 Kw / Ha. The model can be applied in the second subround that is the harvest of May to August.

Keywords: EVI, LSWI, NDVI, Rice Productivity

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Beras merupakan salah satu bahan makanan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia selain jagung, sagu, dan singkong. Semakin bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia semakin tinggi pula permintaan beras dari konsumen. Estimasi produksi padi sebelum masa panen sangat penting untuk mengetahui apakah persediaan beras mencukupi kebutuhan sehingga menjadi bahan pertimbangan perlu atau tidaknya dilakukan impor.

Kabupaten Demak merupakan salah satu kabupaten yang menjadi penyangga pangan nasional. Hal tersebut terbukti dengan capaian pada tahun 2015, luas panen bersih tanaman padi meningkat 2,01% menjadi seluas 98.618 hektar. Produksi padi mengalami kenaikan 15,11% mencapai 653.547 ton gabah kering giling (GKG). Produktivitas padi sebesar 66,27 kw/ha naik sebesar 12,75%. Secara umum luas panen naik, begitu pula produktivitasnya juga mengalami kenaikan (Pemerintahan Kabupaten Demak, 2016).

Oleh karena itu, untuk terus mengoptimalkan produktivitas padi di Kabupaten Demak dapat dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh. Model penginderaan jauh yang menghubungkan data reflektansi citra satelit dengan parameter tanaman padi akan sangat berguna untuk memantau pertumbuhan biomassa dan memprediksi produktivitas hasil tanaman (*crop yield*) secara lebih cepat dan efisien (Sari dkk., 2010).

Untuk melakukan identifikasi pertumbuhan padi dengan penginderaan jauh digunakan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*). Sehingga melalui NDVI, EVI dan LSWI diperoleh pola histogram spektral yang menunjukkan pola pertumbuhan tanaman padi. Berdasarkan pola hasil algoritma tersebut dicari hubungannya dengan produktivitas padi menggunakan regresi linier berganda.

Berdasarkan uraian di atas, maka penting dilakukan penelitian untuk menganalisa hubungan pola pertumbuhan tanaman padi dengan tingkat produktivitasnya dan mengestimasi tingkat produktivitas padi di wilayah Kabupaten Demak. Sehingga hal tersebut dapat membantu mengoptimalkan dan meningkatkan produktivitas padi melalui perencanaan spasial yang tepat. Dan dapat menjadi solusi untuk mencapai ketahanan pangan bagi bangsa Indonesia.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka diangkat perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengestimasi tingkat produktivitas padi berdasarkan pola regresi linier dari histogram spektral NDVI, EVI dan LSWI pada citra satelit Landsat di wilayah Demak?

2. Bagaimana hasil validasi tingkat produktivitas padi berdasarkan data Dinas Pertanian Kabupaten Demak?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat persebaran nilai indeks Untuk mengestimasi tingkat produktivitas padi berdasarkan pola regresi linier dari histogram spektral NDVI, EVI dan LSWI pada citra satelit Landsat 8 di wilayah Kabupaten Demak.
2. Untuk mengetahui hasil validasi tingkat produktivitas padi berdasarkan pola regresi linier dengan data Dinas Pertanian Kabupaten Demak.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Aspek keilmuan
Memberikan kontribusi pada penginderaan jauh dengan menunjukkan fase pertumbuhan padi berdasarkan pola histogram spektral hasil pengolahan algoritma NDVI, EVI dan LSWI dari citra satelit Landsat 8 multitemporal.
2. Aspek Rekayasa
Sebagai salah satu metode untuk mengestimasi produktivitas padi tanpa harus survei lapangan di Kabupaten Demak. Sebagai referensi untuk mengoptimalkan produktivitas padi dengan cara perencanaan penanaman padi yang tepat.

I.4. Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Citra satelit Landsat 8 pada tahun perekaman 2015 dan 2016 diseleksi yang bebas awan dan mewakili fase pertumbuhan tanaman padi.
2. Pada analisis regresi linier fase pertumbuhan tanaman padi yang digunakan pada saat fase vegetatif.
3. Perhitungan produktivitas padi berdasarkan regresi linier dan tidak dipengaruhi faktor lain.
4. Estimasi dilakukan pada musim tanam padi *subround* kedua yaitu bulan Mei hingga Agustus.
5. Luasan area persawahan menggunakan *shapefile* sawah dari Bappeda Kabupaten Demak.
6. Entitas terkecil pada penelitian ini adalah area persawahan dalam suatu desa.
7. Hasil dari penelitian ini adalah model matematis hubungan pola pertumbuhan padi dengan produktivitas dan estimasi produktivitas padi.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah area persawahan Kabupaten Demak, Jawa Tengah untuk musim panen antara bulan Mei hingga Agustus.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Tanaman Padi dan Fase Tumbuh Padi

Tanaman padi (*Oryza sativa, sp*) merupakan salah satu komoditas tanaman yang paling banyak dibudidayakan oleh petani di Indonesia. Hal tersebut dikarenakan padi merupakan salah satu makanan pokok bagi penduduk Indonesia. Menurut *International Rice Research Institute (IRRI)* Philipina dalam Wibowo, 2010 tahapan pertumbuhan padi dapat dikelompokkan menjadi 3 tahap utama yaitu: vegetatif, reproduktif dan pemasakan.

II.2. Produktivitas Padi

Produktivitas dalam pertanian adalah hasil persatuan atau satu lahan yang panen dari seluruh luas lahan yang dipanen (Sora, 2017). Produksi dalam pertanian adalah hasil dari keseluruhan atau jumlah total lahan pertanian. Nilai produktivitas yang digunakan dalam perhitungan produksi adalah produktivitas dari gabah kering giling (GKG). Nilai GKG sendiri sebesar 86 % dari 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 x 2,5 meter. Padi pada sampel tersebut kemudian dipotong, dirontokkan dan ditimbang. Untuk perhitungan nilai GKP dan GKG dapat dilihat pada rumus II.1 dan II.2 (Said dkk., 2015).

$$GKP = Ur \times 16 \dots \dots \dots (II.1)$$

$$GKG = GKP \times 0,86 \dots \dots \dots (II.2)$$

Keterangan:

- GKP = Gabah kering panen (kw/ha)
- GKG = Gabah kering giling (kw/ha)
- Ur = Nilai ubinan rata-rata (kg/m)

Salah satu informasi penting yang dibutuhkan dalam perhitungan produksi tanaman pangan adalah hasil per hektar (produktivitas) yang dikumpulkan secara rutin setiap *subround* melalui survei ubinan. Survei ubinan merupakan cara pendugaan hasil panen yang dilakukan dengan menimbang hasil tanaman contoh pada plot panen (Ishaq, 2009). Survei ubinan dilakukan secara rutin setiap tahun dalam tiga periode, yaitu *subround*/SR I (periode Januari-April), SR II (periode Mei-Agustus), dan SR III (periode September-Desember) (Kementrian Pertanian, 2015).

II.3. Indeks Vegetasi

Pada penelitian ini indeks vegetasi yang digunakan adalah NDVI, EVI dan LSWI.

A. NDVI

NDVI merupakan indeks yang mampu menonjolkan aspek kerapatan vegetasi. Vegetasi yang aktif melakukan fotosintesis akan menyerap sebagian besar sinar matahari dan memantulkan gelombang inframerah dekat lebih tinggi. Sebaliknya vegetasi yang kurang sehat lebih banyak memantulkan gelombang merah. Persamaan untuk melakukan transformasi NDVI dapat dilihat pada rumus II.3.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \dots \dots \dots (II.3)$$

Keterangan:

- ρ_{NIR} : Reflektan saluran infra merah dekat (*Near Infrared*)
- ρ_{Red} : Reflektan saluran merah

B. EVI

EVI merupakan indeks vegetasi yang dibuat untuk mengoreksi nilai NDVI yang berkurang akibat kandungan aerosol atmosfer yang terdeteksi oleh kanal biru serta mempertajam nilai NDVI dengan dikalikan faktor L (kondisi tanah/lahan) untuk koreksi latar belakang kanopi (Domiri, 2005). Persamaan melakukan transformasi EVI dapat dilihat pada rumus II.4.

$$EVI = \frac{2.5 \times (NIR - Red)}{(1 + NIR + (6 \times Red)) - (7.5 \times Blue)} \dots \dots \dots (II.4)$$

Keterangan:

- ρ_{NIR} : Reflektan saluran infra merah dekat (*Near Infrared*)
- ρ_{Red} : Reflektan saluran merah
- ρ_{Blue} : Reflektan saluran biru

C. LSWI

LSWI merupakan modifikasi dari NDVI, dimana penggunaan saluran merah (*red*) diganti dengan infra merah tengah (*shortwave infrared*). *Shortwave infrared* (SWIR) lebih sensitif terhadap kandungan air pada vegetasi dan kelembaban tanah. Dengan kombinasi NIR (*near infrared*) dan SWIR dapat mengindikasikan kandungan air pada vegetasi. Persamaan untuk melakukan transformasi LSWI dapat dilihat pada rumus II.5.

$$LSWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \dots \dots \dots (II.5)$$

Keterangan :

- ρ_{NIR} : Reflektan saluran infra merah dekat (*Near Infrared*)
- ρ_{SWIR} : Reflektan saluran infra merah tengah (*Shortwave Infrared*)

II.4. Regresi Linier Berganda

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat (*dependen; respon; Y*) dengan satu atau lebih variabel bebas (*independen, prediktor, X*). Apabila banyaknya variabel bebas hanya ada satu, disebut sebagai regresi linier sederhana, sedangkan apabila terdapat lebih dari 1 variabel bebas, disebut sebagai regresi linier berganda. Tujuan analisis regresi linier berganda adalah memperkirakan perubahan respon pada variabel terikat terhadap beberapa variabel bebas. Persamaan regresi linier berganda dapat dilihat pada rumus II.6.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \dots + \alpha_n X_n \dots (II.6)$$

Keterangan :

Y : Variabel terikat

X_1, X_2, X_3 : variabel bebas

α_0 : konstanta

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: koefisien regresi

II.5. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik merupakan pengujian asumsi-asumsi statistik yang harus dipenuhi pada regresi linier berganda. Uji asumsi klasik yang digunakan antara lain :

A. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel terikat, variabel bebas atau keduanya mempunyai distribusi normal atau tidak. Model regresi yang baik adalah memiliki distribusi data normal atau penyebaran data statistik pada sumbu diagonal dari grafik distribusi normal (Ghozali, 2001).

B. Uji Heteroskedastisitas

Uji Heteroskedastisitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi terjadi ketidaksamaan varian dari residual satu pengamatan ke pengamatan lainnya. Deteksi heteroskedastisitas berarti bahwa varian gangguan μ_i tidak sama untuk semua pengamatan. Heteroskedastisitas juga bertentangan dengan salah satu asumsi dasar regresi homoskedastisitas yaitu semua memiliki varian gangguan μ_i yang sama (Gujarati, 2012).

C. Uji Multikolinieritas

Menurut Ghozali (2001), Uji Multikolinieritas bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antara variabel bebas (*independent*). Model korelasi yang baik seharusnya tidak terjadi korelasi di antara variabel *independent*. Jika variabel *independent* saling berkorelasi maka variabel ini tidak ortogonal. Variabel ortogonal adalah variabel *independent* yang nilai korelasi antar sesama variabel *independent* sama dengan nol.

D. Uji Autokorelasi

Menurut Sugiyono (2010), Uji Autokorelasi bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi linear ada korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan periode $t-1$ sebelumnya. Jika terjadi korelasi, maka dinamakan *problem* autokorelasi. Autokorelasi muncul karena observasi yang berurutan sepanjang waktu berkaitan satu sama lain. Masalah ini timbul karena residual (kesalahan pengganggu) tidak bebas dari satu observasi ke observasi lainnya.

II.6. Uji Kelayakan Model

Uji kelayakan model dilakukan untuk mengukur ketepatan fungsi regresi dalam menaksir nilai aktualnya. Uji tersebut antara lain :

A. Uji T

Uji T dalam regresi linier berganda dimaksudkan untuk menguji apakah parameter (koefisien regresi dan konstanta) yang diduga untuk mengestimasi persamaan/model regresi linier berganda

sudah merupakan parameter yang tepat atau belum. Maksud tepat disini adalah parameter tersebut mampu menjelaskan perilaku variabel bebas dalam mempengaruhi variabel terikatnya (Ridwan, 2006).

B. Uji F

Uji simultan model atau uji kelayakan model atau yang lebih populer disebut sebagai uji F merupakan tahapan untuk mengidentifikasi model regresi yang diestimasi layak atau tidak. Layak (andal) disini maksudnya adalah model yang diestimasi layak digunakan untuk menjelaskan pengaruh variabel-variabel bebas terhadap variabel terikat. Nama uji ini disebut sebagai uji F, karena mengikuti mengikuti distribusi F yang kriteria pengujiannya seperti *One Way Anova* (Malhotra, 2006).

C. Uji Koefisien Determinasi

Uji R^2 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 (R^2) ini mencerminkan seberapa besar variasi dari variabel terikat Y dapat diterangkan oleh variabel bebas X. Bila nilai koefisien determinasi sama dengan 0 ($R^2 = 0$), artinya variasi dari Y tidak dapat diterangkan oleh X sama sekali. Sementara bila $R^2 = 1$, artinya variasi dari Y secara keseluruhan dapat diterangkan oleh X (Gujarati, 2012).

III. Metodologi Penelitian

III.1. Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 1.

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

A. Perangkat Keras (*Hardware*)

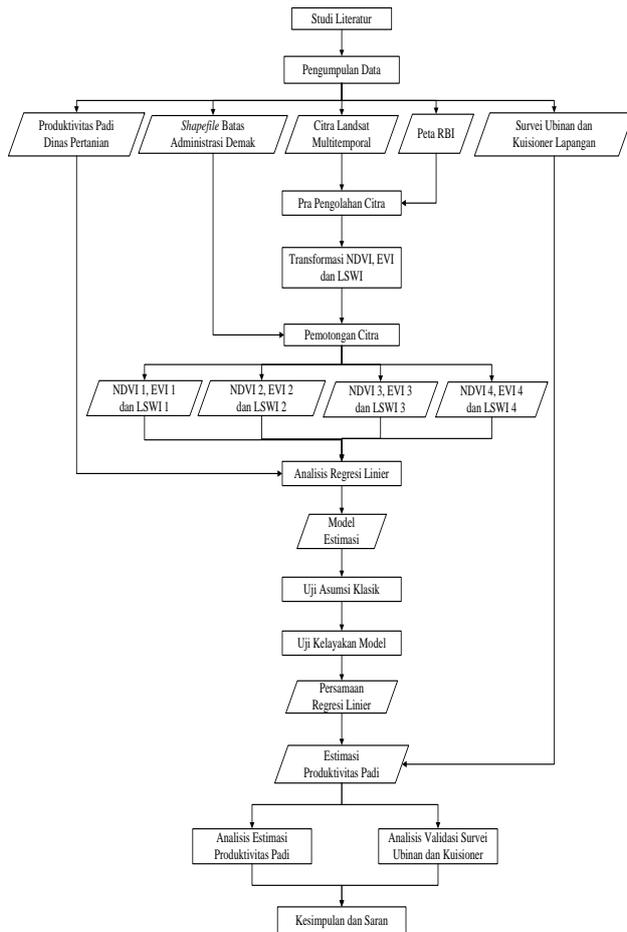
- 1) Perangkat dengan spesifikasi sebagai berikut: Laptop ASUS A45SJ *Intel Core* I3-3217U, 1,8 GHz, RAM 2 GB, OS *Windows* 8

B. Perangkat Lunak (*Software*)

- 1) ArcGIS 10
- 2) *Software* Pengolahan Citra
- 3) Microsoft Word 2010
- 4) Microsoft Excel 2010
- 5) Microsoft Visio 2010
- 6) IBM SPSS Statistics 23

2. Data penelitian

- a. Citra Satelit Landsat 8 akuisisi tahun 2015, 2016 dan 2017 pada bulan Maret hingga Juni diseleksi yang sedikit tutupan awan.
- b. *Shapefile* Batas Administrasi Kabupaten Demak
- c. *Shapefile* Sawah Kabupaten Demak
- d. *Shapefile* Jalan Kabupaten Demak
- e. Data Produktivitas Padi Dinas Pertanian Kabupaten Demak



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

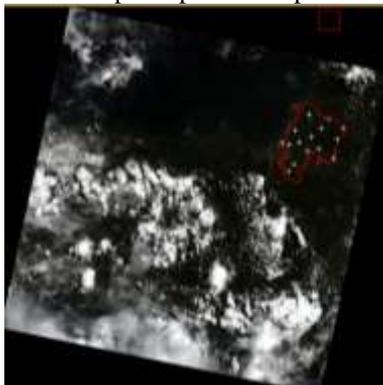
III.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data.
2. *Preprocessing* Citra

A. Uji Ketelitian Geometrik

Pada penelitian ini tidak dilakukan koreksi geometrik karena citra Landsat 8 sudah terkoreksi geometrik. Sebagai gantinya dilakukan uji ketelitian geometrik citra dengan membandingkan koordinat pada citra dengan koordinat titik sampel yang diperoleh dari *shapefile* jalan Kabupaten Demak. Sebaran titik sampel dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sebaran Titik Sampel Uji Ketelitian Geometrik

B. Koreksi Radiometrik

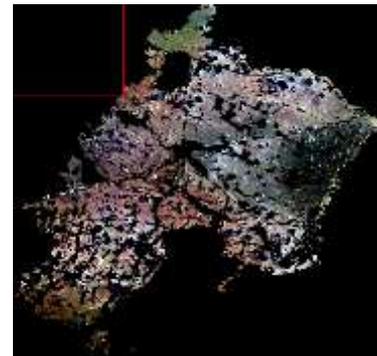
Pada penelitian ini koreksi radiometrik yang dilakukan menggunakan metode TOA. Metode ini dipilih karena pada pengolahannya memperhatikan sudut elevasi matahari ketika perekaman. Sehingga hasil reflektan pada pengolahan ini merepresentasikan keadaan ketika perekaman data. Hasil dari koreksi radiometrik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Koreksi Radiometrik

Tanggal	Bands	Min	Max	Mean	Stdev
28 Maret 2016	2	0,097	0,532	0,129	0,012
	4	0,045	0,743	0,091	0,017
	5	0,034	1	0,197	0,065
	6	0,007	1	0,106	0,056

C. *Masking* Awan

Masking awan pada citra satelit Landsat 8 memiliki tujuan untuk menghasilkan citra yang bebas dari awan. Adanya tutupan awan pada citra menyebabkan wilayah dibawahnya tidak dapat diidentifikasi. Sehingga pada penelitian ini dilakukan *masking* awan karena persawahan yang ditutupi awan tidak diketahui nilainya dan tidak bisa dihitung. Pada citra satelit Landsat 8 *masking* awan dilakukan dengan mengolah *band* QA (*Quality Assesment*) melalui *software* ArcGIS. Hasil *masking* awan pada area persawahan Kabupaten Demak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil *Masking* Awan

3. Pengolahan Citra

A. Transformasi NDVI

Transformasi atau perhitungan indeks ini dilakukan dengan menerapkan rumus II.3 pada *band math* di *software* ENVI 5.1. Hasil transformasi NDVI adalah nilai spektral dengan rentang -1 hingga 1. Nilai tersebut digunakan untuk masukan pada pengolahan regresi linier berganda. Hasil transformasi algoritma NDVI dapat dilihat pada Gambar 4.

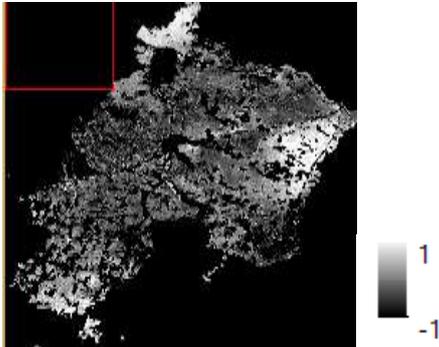
B. Transformasi EVI

Transformasi atau perhitungan indeks ini dilakukan dengan menerapkan rumus II.4 pada *band math* di *software* ENVI 5.1. Hasil transformasi EVI adalah nilai spektral dengan rentang -1 hingga 1. Nilai tersebut digunakan untuk masukan pada pengolahan regresi linier berganda. Hasil transformasi algoritma NDVI dapat dilihat pada Gambar 5.

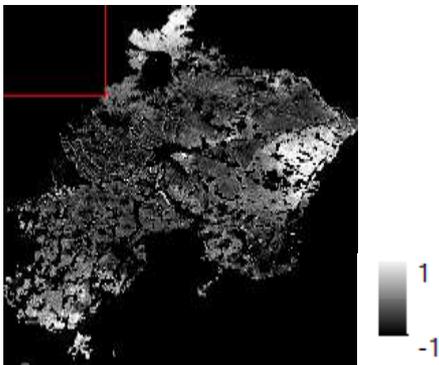
C. Transformasi LSWI

Transformasi atau perhitungan indeks ini dilakukan dengan menerapkan rumus II.5 pada *band*

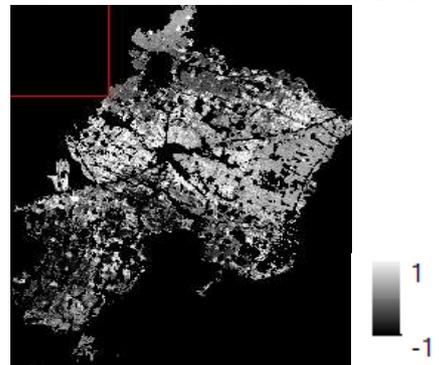
math di software ENVI 5.1. Hasil transformasi NDVI adalah nilai spektral dengan rentang -1 hingga 1. Nilai tersebut digunakan untuk masukan pada pengolahan regresi linier berganda. Hasil transformasi algoritma LSWI dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Hasil Transformasi NDVI



Gambar 5. Hasil Transformasi EVI



Gambar 6. Hasil Transformasi LSWI

4. Regresi Linier Berganda

Regresi Linier Berganda yang akan dilakukan menggunakan pendekatan *Ordinary Least Squares* (OLS). Setelah data dimasukkan kedalam software SPSS, maka langkah selanjutnya adalah melakukan estimasi (pendugaan) model (persamaan) regresi linier, baru dilanjutkan dengan pengujian asumsi klasik. Pengujian asumsi klasik dilakukan setelah model regresi diestimasi, bukan sebelum model diestimasi. Tidak mungkin pengujian asumsi klasik dilakukan sebelum model regresi diestimasi, karena pengujian asumsi klasik yang meliputi normalitas, heteroskedastisitas, multikolinieritas dan autokorelasi membutuhkan data residual model yang didapat setelah model terbentuk. Apabila sudah memenuhi uji asumsi klasik selanjutnya dilakukan uji kelayakan

model. Uji kelayakan model meliputi uji T, uji F dan uji koefisien determinasi yang dihasilkan.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1. Hasil dan Analisis Uji Ketelitian Geometrik

Hasil uji ketelitian geometrik dapat dilihat pada Tabel 2.

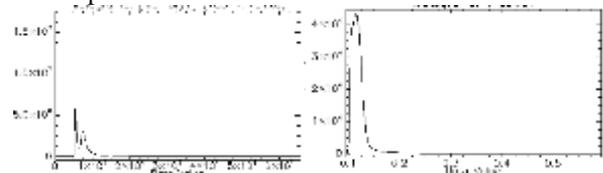
Tabel 2. Hasil Uji Ketelitian Geometrik

Koor Citra (m)		Koor Cek (m)		Selisih (m)	
X	Y	X	Y	X	Y
446.835	9.233.095	446.852,5	9.233.078,1	17,5	16,8
452.865	9.234.685	452.882,8	9.234.665,3	17,8	19,6
...
443.055	9.234.224	443.058,9	9.234.209,4	3,9	14,2
Jumlah				188,4	161,4
Rata-rata				12,5	10,7
RMSE				18,799	

Berdasarkan Tabel 2 dapat terlihat rata-rata selisih koordinat X adalah 12,561 meter dan koordinat Y adalah 10,76 meter. Sedangkan diperoleh RMSE horizontal sebesar 18,799 meter. Resolusi spasial citra Landsat 8 adalah 30 meter. Apabila dibandingkan dengan selisih koordinatnya masih dapat diterima karena tidak ada selisih yang melebihi 30 meter. Sehingga titik-titik tersebut masih dalam 1 piksel citra Landsat 8. Dapat ditarik kesimpulan bahwa citra Landsat 8 layak untuk digunakan dalam pengolahan selanjutnya.

IV.2 Hasil dan Analisis Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik mengubah *digital number* menjadi reflektan. Nilai reflektan menunjukkan besarnya perbandingan antara jumlah cahaya yang datang ke objek dengan jumlah cahaya yang dipantulkan objek hingga diterima sensor satelit. Nilai reflektan tersebut mempunyai rentang dari 0 hingga 1. Objek yang memiliki nilai reflektan 0 menunjukkan bahwa objek tersebut menyerap seluruh cahaya yang datang ke arah objek. Sedangkan nilai reflektan 1 menunjukkan bahwa cahaya yang datang pada sebuah objek dipantulkan seluruhnya. Perbandingan histogram citra sebelum dan sesudah koreksi radiometrik dapat dilihat pada Gambar 7.

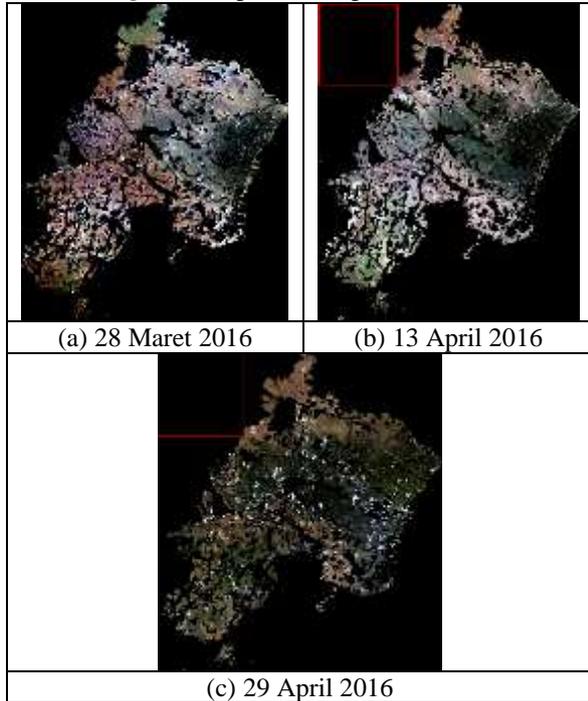


Gambar 7. Histogram Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Koreksi Radiometrik

IV.3 Hasil dan Analisis Masking Awan

Pada sebuah citra *masking* awan dilakukan secara multitemporal. Hal ini bertujuan untuk memperoleh citra yang memiliki bentuk dan luasan yang sama ketika perhitungan. Adanya tutupan awan membuat wilayah yang berada dibawahnya tidak bisa dihitung produktivitas padinya. Hal tersebut terjadi karena wilayah yang tertutup awan nilai transformasi indeks vegetasinya akan berbeda. Apabila tetap dipaksakan tentunya akan mempengaruhi hasil dari

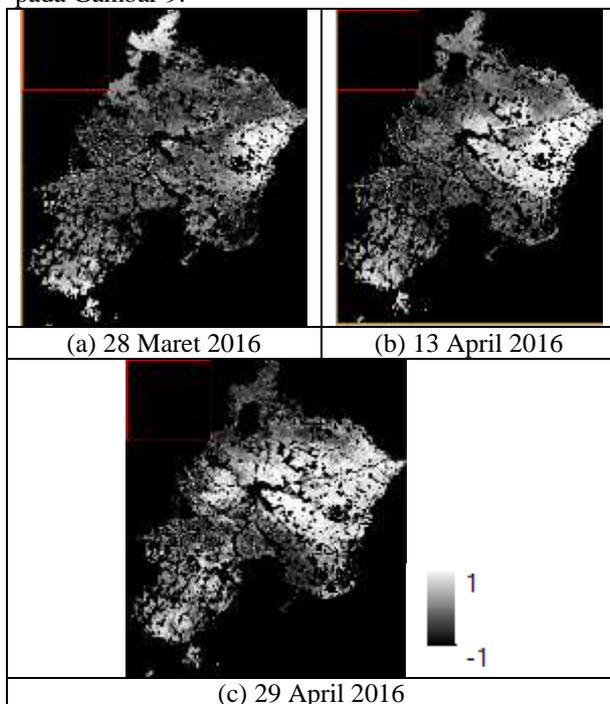
model estimasi yang dibuat. Oleh karena itu, untuk meminimalisir terjadinya kesalahan terbelah dahulu bagian-bagian yang tertutup awan dihilangkan. Hasil dari *masking* awan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. (a), (b) dan (c) Area Persawahan Kabupaten Demak Bebas Awan

IV.4 Hasil dan Analisis Transformasi NDVI

Hasil dari transformasi NDVI dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. (a), (b) dan (c) Hasil Transformasi NDVI

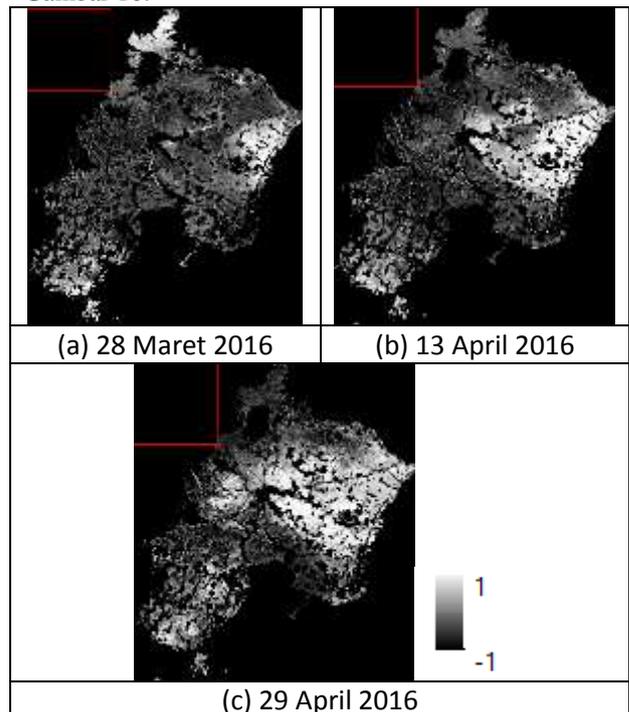
Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan pada bulan Maret menunjukkan rona yang cenderung gelap. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat itu nilai NDVI rendah. Rendahnya nilai NDVI dikarenakan

tanaman padi masih pada fase pembibitan. Dalam fase tersebut area persawahan cenderung berisi lebih banyak air. Sehingga membuat nilai NDVI menjadi kecil. Sedangkan pada citra bulan setelahnya menunjukkan rona yang semakin terang dan menyebar hampir ke seluruh wilayah. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman padi terus tumbuh sehingga nilai NDVI ikut membesar dan sudah memasuki fase vegetatif.

Namun citra bulan Maret hingga April pada bagian utara Kabupaten Demak terlihat hal yang berbeda. Pada bagian utara nampak citra dengan warna yang terang. Hal tersebut menunjukkan bahwa di wilayah itu memiliki nilai NDVI yang tinggi. Tanaman padi di bagian utara sudah memasuki fase reproduktif sehingga Nampak lebih terang dari daerah lainnya. Pada citra bulan setelahnya menunjukkan rona yang semakin gelap. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanaman padi mulai menua dan memasuki masa panen. Sehingga nilai NDVI yang diperoleh semakin menurun. Dapat disimpulkan bahwa musim tanam padi di Kabupaten Demak bertipe heterogen karena terdapat 2 fase pertumbuhan yang berbeda.

IV.5 Hasil dan Analisis Transformasi EVI

Hasil dari transformasi EVI dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. (a), (b) dan (c) Hasil Transformasi EVI

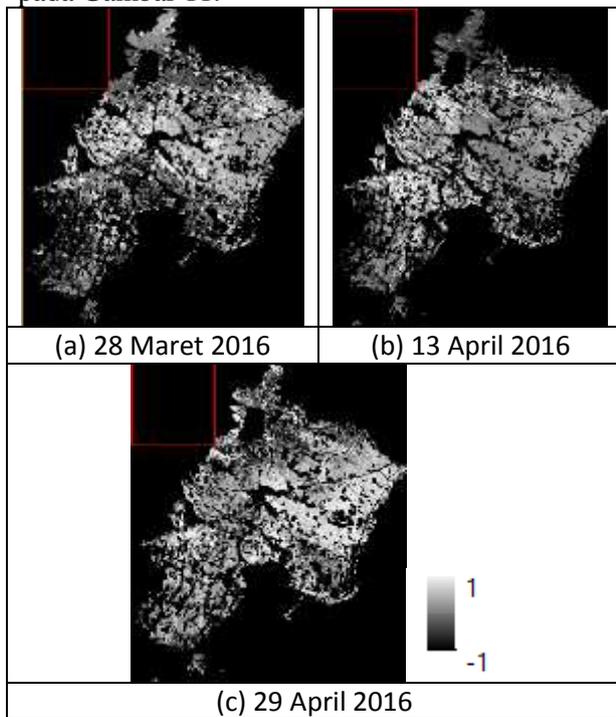
Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan pada bulan Maret menunjukkan rona yang cenderung gelap. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat itu nilai EVI rendah. Rendahnya nilai EVI dikarenakan tanaman padi masih pada fase pembibitan. Dalam fase tersebut area persawahan cenderung berisi lebih banyak air. Sehingga membuat nilai EVI menjadi kecil. Sedangkan pada citra bulan setelahnya menunjukkan rona yang semakin terang dan menyebar

hampir ke seluruh wilayah. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman padi terus tumbuh sehingga nilai EVI ikut membesar dan sudah memasuki fase vegetatif.

Namun citra bulan Maret hingga April pada bagian utara Kabupaten Demak terlihat hal yang berbeda. Pada bagian utara nampak citra dengan warna yang terang. Hal tersebut menunjukkan bahwa di wilayah itu memiliki nilai EVI yang tinggi. Tanaman padi di bagian utara sudah memasuki fase reproduktif sehingga Nampak lebih terang dari daerah lainnya. Pada citra bulan setelahnya menunjukkan rona yang semakin gelap. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanaman padi mulai menua dan memasuki masa panen. Sehingga nilai EVI yang diperoleh semakin menurun. Dapat disimpulkan bahwa musim tanam padi di Kabupaten Demak bertipe heterogen karena terdapat 2 fase pertumbuhan yang berbeda. Selain itu secara visual sebaran NDVI dan EVI untuk mengamati tanaman padi tidak berbeda jauh.

IV.6 Hasil dan Analisis Transformasi LSWI

Hasil dari transformasi LSWI dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. (a), (b) dan (c) Hasil Transformasi LSWI. Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan pada bulan Maret menunjukkan rona yang cenderung terang. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada saat itu nilai LSWI tinggi. Tingginya nilai LSWI dikarenakan tanaman padi masih pada fase pembibitan. Dalam fase tersebut area persawahan cenderung berisi lebih banyak air. Sehingga membuat nilai EVI menjadi kecil. Sedangkan pada citra 13 April setelahnya menunjukkan rona yang semakin gelap pada bagian tengah dan timur Kabupaten Demak. Namun pada citra 29 April terlihat rona citra menjadi lebih terang kembali. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani di Kabupaten Demak untuk wilayah tersebut apabila

kekurangan air maka akan dibantu memperoleh air menggunakan pompa. Sehingga pada citra kedua nampak sedikit lebih gelap karena air agak berkurang. Lalu ditambahkan kembali dengan bantuan pompa sehingga pada citra 29 April terlihat kembali terang.

Namun citra bulan Maret hingga April pada bagian utara Kabupaten Demak terlihat hal yang berbeda. Pada bulan Maret bagian utara nampak citra dengan warna yang cenderung gelap. Hal tersebut menunjukkan bahwa di wilayah itu memiliki nilai LSWI yang rendah. LSWI yang rendah menunjukkan bahwa tanaman padi mulai memasuki fase reproduktif sehingga konsumsi airnya juga mulai berkurang. Pada citra bulan setelahnya juga menunjukkan rona yang semakin gelap. Ini dapat terjadi kemungkinan padi sudah memasuki masa panen sehingga petani sudah tidak menggenangi sawahnya dengan air lagi. Nilai LSWI semakin turun seiring berkurangnya air di area persawahan. Dapat disimpulkan bahwa musim tanam padi di Kabupaten Demak bertipe heterogen karena terdapat 2 fase pertumbuhan yang berbeda.

IV.7 Hasil dan Analisis Regresi Linier Berganda

Berdasarkan hubungan antara variabel produktivitas padi dengan nilai transformasi NDVI, EVI dan LSWI pada 3 waktu sebelum masa panen dapat dibuat model regresi linier seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Regresi Linier Berganda

Parameter	Persamaan	R ²
NDVI	$Y = 99,030 - 236,143X_1 + 37,624X_2 - 56,722X_3$	0,385
EVI	$Y = 80,253 - 22,57X_1 + 22,684X_2 - 19,463X_3$	0,213
LSWI	$Y = 68,461 + 8,133X_1 - 23,064X_2 + 28,567X_3$	0,07
NDVI dan LSWI	$Y = 101,027 - 9,185X_1 + 16,334X_2 - 72,067X_3 - 38,408X_4 - 54,432X_5 + 45,716X_6$	0,639
EVI dan LSWI	$Y = 93,929 - 20,114X_1 + 16,876X_2 - 26,437X_3 - 1,135X_4 - 44,631X_5 + 24,95X_6$	0,331

Berdasarkan Tabel 3 maka dapat terlihat bahwa koefisien determinasi tertinggi dihasilkan dari hasil regresi linier antara produktivitas padi sebagai variabel terikat dan nilai NDVI serta LSWI sebagai variabel bebasnya. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dianalisis lebih lanjut adalah hubungan antara variabel produktivitas padi dengan nilai NDVI dan LSWI.

Model tersebut sudah memenuhi seluruh asumsi klasik yang dibangun dalam penelitian ini yaitu uji normalitas, uji heterokedastisitas, uji multikolinieritas dan uji autokorelasi. Hasil dari seluruh pengujian menunjukkan model dapat diterima. Sehingga dapat disimpulkan model yang terbentuk memiliki kualitas yang cukup baik.

Untuk uji kelayakan model, pada uji T menunjukkan bahwa variabel NDVI 1, belum memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

produktivitas. Hal ini dapat terjadi dimungkinkan karena pemilihan entitas terkecil adalah desa. Wilayah yang cukup luas kurang bisa mewakili kondisi tanaman padi secara maksimal. Sedangkan pada uji F menunjukkan model regresi linier yang dihasilkan layak untuk digunakan memprediksi variabel terikat.

Koefisien determinasi menjelaskan variasi pengaruh variabel-variabel bebas terhadap variabel terikatnya. Koefisien determinasi dihasilkan pada penelitian ini adalah sebesar 0,639. Dapat disimpulkan proporsi pengaruh variabel NDVI 1, LSWI 1, NDVI 2, LSWI 2, NDVI 3 dan LSWI 3 terhadap tingkat produktivitas padi sebesar 63,9%. Sedangkan sisanya sebesar 36,1% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak ada dalam model regresi yang dikerjakan pada penelitian ini. Faktor lain yang dapat mempengaruhi tingkat produktivitas padi antara lain varietas padi yang ditanam, penggunaan pupuk dan serangan hama pada tanaman padi.

IV.8 Hasil dan Analisis Validasi Model

Hasil dari validasi model dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Model

Desa	Produktivitas Dinas Pertanian (Kw/Ha)	Estimasi Produktivitas (Kw/Ha)
Banyumeneng	71,147	69,258
Batusari	66,116	70,562
Tlogorejo	70,400	66,937
...
Babad	63,520	74,190
Total	1031,397	1077,140

Pada Tabel 4 menunjukkan perbandingan nilai hasil perhitungan produktivitas padi berdasarkan model yang sudah dibuat dan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Demak. Dapat diketahui bahwa dari 15 data sampel terdapat total selisih produktivitas padi sebesar 45,742 Kw/Ha antara data dari Dinas Pertanian dan hasil perhitungan model. Selisih tersebut dapat dikatakan cukup besar. Adanya selisih dalam perhitungan prediksi produktivitas dapat dikarenakan nilai NDVI dan LSWI yang kurang mewakili area desa tersebut karena memiliki umur padi yang beraneka ragam. Pada 15 sampel yang digunakan ini memiliki nilai RMSE sebesar 8,394 Kw/Ha. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa model ini memiliki kesalahan yang cukup besar.

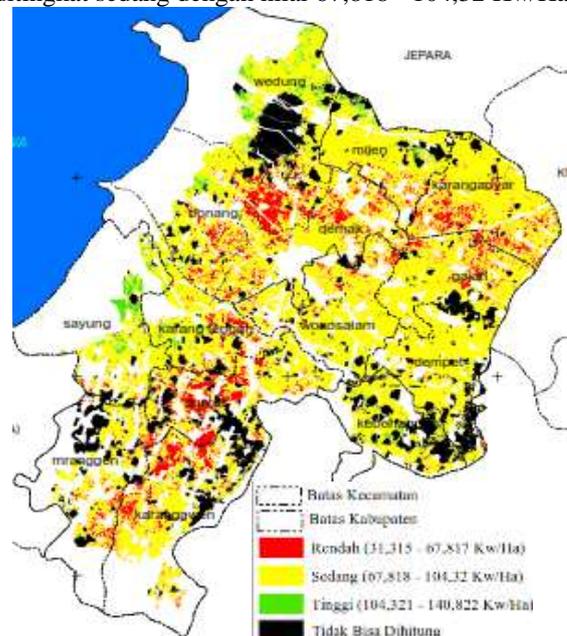
IV.9 Hasil dan Analisis Visualisasi Model

Model yang sudah diperoleh diterapkan pada citra Landsat 8 untuk mengetahui estimasi produktivitas padi pada *subround* kedua tahun 2016. Sehingga diperoleh estimasi produktivitas padi terkecil pada tahun 2016 adalah 31,315 Kw/Ha. Sedangkan untuk estimasi produktivitas padi terbesar adalah 140,822 Kw/Ha. Sehingga dapat dibuat kelas pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Tingkat Produktivitas Padi *Subround* Kedua Tahun 2016

Tingkat Produktivitas Padi	Rentang Nilai Produktivitas Padi (Kw/Ha)
Rendah	31,315 - 67,817
Sedang	67,818 - 104,32
Tinggi	104,321 - 140,822

Berdasarkan Tabel 5 sebaran tingkat produktivitas pada tahun 2016 *subround* kedua dapat divisualisasikan seperti yang tertera pada Gambar 12. Warna menunjukkan tingkat produktivitas padi yang rendah, warna biru menunjukkan tingkat produktivitas padi yang sedang dan warna hijau menunjukkan tingkat produktivitas padi yang tinggi. Pada Gambar IV.16 dapat diketahui warna biru mendominasi persebaran tingkat produktivitas padi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada *subround* kedua tahun 2016 tingkat produktivitas padi di Kabupaten Demak berada ditingkat sedang dengan nilai 67,818 - 104,32 Kw/Ha.



Gambar 12. Sebaran Tingkat Produktivitas Padi Kabupaten Demak *Subround* Kedua Tahun 2016

Berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui luasan dari masing-masing kelas. Pada tahun 2016 Kabupaten Demak memiliki total luas lahan sawah sebesar 50062,484 Ha yang berhasil dilakukan estimasi produktivitas padi. Luasan tersebut terdiri dari tingkat produktivitas padi rendah seluas 9985,454 Ha, tingkat produktivitas padi sedang seluas 38711,775 Ha dan tingkat produktivitas padi tinggi seluas 1365,254 Ha.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil regresi linier berganda dengan variabel nilai NDVI, EVI, LSWI dan produktivitas padi, model yang terbaik dihasilkan dengan kombinasi variabel

produktivitas padi sebagai variabel terikat sedangkan variabel bebasnya adalah variabel NDVI dan LSWI. Persamaan dari model tersebut adalah $Y = 101,027 - 9,185X_1 + 16,334X_2 - 72,067X_3 - 38,408X_4 - 54,432X_5 + 45,716X_6$. Dengan koefisien determinasinya sebesar 0,639. Jadi dari model yang terbentuk mampu menunjukkan bahwa besarnya nilai NDVI dan LSWI mempengaruhi nilai produktivitas padi sebanyak 63,9% sedangkan sisanya sebesar 36,1% disebabkan oleh faktor lainnya. Faktor lainnya bisa berupa adanya hama maupun cara pemberian pupuk yang tidak dibahas pada penelitian ini.

2. Hasil validasi model regresi linier berganda dengan 15 data sampel menunjukkan adanya selisih gabah kering panen antara hasil perhitungan estimasi dengan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Demak sebesar 45,742 Kw/Ha. Sedangkan untuk tingkat RMSE sebesar 8,394 Kw/Ha. Hal tersebut menunjukkan adanya perbedaan hasil yang cukup besar.

V.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini terdapat beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian selanjutnya agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik. Saran tersebut sebagai berikut:

1. Entitas data terkecil yang digunakan sebaiknya berupa sebuah petak sawah sehingga pada saat diamati fase padinya seragam di petak tersebut. Sehingga nilai NDVI, EVI dan LSWI dapat mewakili sawah tersebut dengan lebih baik.
2. Pengolahan menggunakan citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi sehingga dapat untuk mengamati area persawahan yang kecil.
3. Pengolahan menggunakan citra dengan resolusi temporal yang lebih sering sehingga dapat mengamati seluruh fase pertumbuhan padi.
4. *Preprocessing* citra menggunakan koreksi atmosferik sehingga diperoleh nilai reflektan yang lebih bagus.
5. Menggunakan citra multitemporal dengan waktu perekaman yang berurutan sehingga dapat mengamati pertumbuhan padi dengan baik.
6. Untuk mengestimasi produktivitas padi, pengamatan fase pertumbuhan padi dilakukan pada fase 3, 4, 5 dan 6.
7. Menambahkan variabel lain yang berhubungan dengan produktivitas padi sehingga dapat meningkatkan hasil regresi linier berganda.
8. Melakukan survei ubinan di lapangan dengan alat dan cara yang sesuai prosedur pada petak-petak sawah yang hampir panen agar memperoleh data yang sesuai kenyataan.
9. Melakukan transformasi *Principal Component Analysis* (PCA) pada data yang mengalami multikolinieritas.

DAFTAR PUSTAKA

- Domiri, D.D., dkk. 2005. *Model Pertumbuhan Tanaman Padi Menggunakan Data MODIS untuk Pendugaan Umur Padi Sawah*. Prosiding Pertemuan Ilmiah MAPIN XIV. Surabaya.
- Fajriasari, A. 2013. *Pengaruh Jumlah Wisatawan, Lama Tinggal dan Pengeluarannya Terhadap Produk Domestik Regional Bruto Sektor Pariwisata di Jawa Tengah*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Ghozali, I. 2001. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*, BP UNDIP, Semarang.
- Gujarati, D. 2012. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Salemba Empat. Jakarta.
- Ishaq, I., dkk. 2009. *Petunjuk Teknis Pengelolaan Tanaman dan Sumber Daya Terpadu (PTT) Padi Sawah*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat Balai Besar Pengkajiandan Pengembangan Pertanian Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Kementrian Pertanian. 2015. *Pedoman Pengumpulan Data Survei Ubinan Tanaman Pangan 2015*
- Malhotra, N. K. 2006. *Riset Pemasaran Jilid II*, Indeks, Jakarta.
- Pemerintahan Kabupaten Demak. 2016. *Profil Kabupaten Demak*. demakkab.go.id/profil/geografi-dan-kependudukan/ diakses pada tanggal 7 April 2017.
- Ridwan. 2006. *Dasar-Dasar Statistika*. Alfabeta. Bandung
- Said, H.I., dkk. 2015. *Analisis Produksi Padi Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Pekalongan*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sari, D.K., dkk. 2010. *Estimasi Produktivitas Padi Sawah Berbasis Kalender Tanam Heterogen Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh*. Jurnal Rekayasa Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Sora. 2017. *Perbedaan dan Cara Menghitung Produksi dan Produktivitas dalam Pertanian*. <http://www.sampulpertanian.com/2017/03/perbedaan-dan-cara-menghitung-produksi.html>. Diakses pada tanggal 11 Oktober 2017.
- Sugiyono. 2010. *Statistika untuk Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Wibowo, A. 2012. *Pengembangan Metode Estimasi Kandungan Air Kanopi Daun (CWC) Tanaman Padi Dengan Data Hyperspectral*. PTISDA-BPPT, 12:13-17.