

ANALISIS TINGKAT PRODUKSI PADI DAN PERHITUNGAN LOGISTIK PANGAN BERDASARKAN METODE EVI (*ENHANCED VEGETATION INDEX*) DAN NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*) MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-2 TAHUN 2016 (Studi Kasus : Kabupaten Klaten, Jawa Tengah)

Bernardinus Joko Prakosta Santu Aji, Yudo Prasetyo, Hani'ah^{*)}

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

ABSTRAK

Tanaman padi merupakan salah satu tanaman yang menghasilkan bahan makanan pokok penting bagi sebagian besar masyarakat Indonesia, yakni beras. Tanaman padi merupakan sektor utama pangan yang menjadi perhatian khusus karena ketersediaannya sangat berpengaruh penting mengingat tingginya pertumbuhan penduduk yang terjadi saat ini. Indonesia memiliki banyak daerah yang menjadi lumbung padi di Indonesia dan memiliki kualitas beras yang baik, salah satunya adalah Kabupaten Klaten.

Penginderaan jauh merupakan teknologi yang cocok diaplikasikan untuk mengestimasi produksi padi di Kabupaten Klaten. Hal tersebut terkait dengan keunggulan sensor yang sensitif terhadap tanaman padi, mencakup wilayah yang sangat luas, dan mengetahui fase tumbuh tanaman padi serta pola tanam padi lebih baik dan cepat. Penggunaan citra satelit Sentinel-2 yang memiliki resolusi spasial yang tinggi disertai dengan algoritma indeks vegetasi EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sangat efektif dan efisien diterapkan untuk klasifikasi fase padi dari masa tanam hingga masa panen serta mengestimasi produktivitas dan produksi padi. Estimasi produksi padi menjadi acuan dalam penentuan nilai logistik pangan yakni ketersediaan padi tersebut mencukupi atau tidak konsumsi masyarakat Kabupaten Klaten selama satu tahun.

Penelitian ini menghasilkan peta fase tumbuh padi algoritma EVI dan NDVI, nilai estimasi produksi dan nilai logistik pangan tahun 2016. Berdasarkan peta fase tumbuh algoritma EVI dan NDVI, fase generatif lebih mendominasi bulan April dan bulan Oktober sedangkan fase vegetatif lebih mendominasi bulan Maret dan bulan Desember. Nilai estimasi produksi padi hasil pengolahan tahun 2016 sebesar 782801.589 ton dalam satu tahun dan nilai logistik pangan tahun 2016 sebesar (+) 649291,329 ton. Berdasarkan nilai estimasi produksi padi dan nilai logistik pangan tahun 2016 mengartikan bahwa produksi padi dapat mencukupi konsumsi masyarakat Kabupaten Klaten tahun 2016.

Kata Kunci : EVI, Logistik Pangan, NDVI, Produksi Padi

ABSTRACT

Rice crop is a kind of plants that produces essential staple food for most people of Indonesia, namely rice. Rice crop is the main sector of foods of special concern because its availability is very important due to the high population growth that occurs today. Indonesia has many areas that become rice granaries and has a good quality of rice, one of them is Klaten Regency.

*Remote sensing is a suitable technology that can be applied to estimate paddy production in Klaten district. This is related to the superiority of sensors that are sensitive to rice crops, covering a very large area, and know the growing phase of rice crops and rice cropping pattern is better and faster. The use of Sentinel-2 satellite images with high spatial resolution along with EVI (*Enhanced Vegetation Index*) and NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) EVI index algorithms are highly effective and efficient applied for the classification of the rice phase from plant to harvest and estimating productivity and rice production. The estimation of paddy production is a reference in determining the value of food logistics that the availability of paddy is sufficient or not consumed Klaten regency for one year.*

This research results EVI and NDVI algorithm growth charts, estimation of production value and logistic value of foods in 2016. Based on EVI and NDVI algorithm growth phase map, generative phase is more dominant on April and October meanwhile vegetative phase is more dominant on March and December. The estimated value of paddy production in 2016 is 782.801.589 tons in one year and the logistics value of food in 2016 is (+) 649.291.329 tons. Based on the estimated value of rice production and logistics value of food in 2016 means that rice production can suffice the consumption of Klaten regency community in 2016.

Keywords: EVI, Food Logistics, NDVI, Rice Production

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Tanaman padi merupakan tanaman penting dimana menghasilkan beras yang menjadi bahan makanan pokok, khususnya penduduk Indonesia. Sekitar 90% penduduk Indonesia mengkonsumsi beras sebagai bahan makanan pokok. Yakni dengan konsumsi beras per kapita 113 per kg, dengan begitu total konsumsi beras nasional sekitar 27 juta ton pertahun (Sunantri, 2010).

Kebutuhan akan beras sebagai bahan makanan pokok semakin tinggi karena adanya peningkatan pertumbuhan penduduk. Semakin tinggi pertumbuhan penduduknya, berarti penyediaan pangan di sektor lokal, regional dan nasional semakin tinggi. Pertumbuhan penduduk mengalami peningkatan disetiap provinsi, khususnya provinsi Jawa Tengah. Data sensus terakhir oleh Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa provinsi Jawa Tengah mengalami peningkatan laju pertumbuhan penduduk dimana pada tahun 2000 yakni sebesar 0,37 dengan jumlah penduduk 31.228.940 sedangkan pada tahun 2010 meningkat sebesar 0,85 dengan jumlah penduduk 32.382.657 (Badan Pusat Statistik, 2016).

Kabupaten Klaten merupakan salah satu kabupaten di Jawa Tengah sebagai kabupaten penghasil beras yang cukup tinggi. Delanggu merupakan daerah potensial penghasil beras dengan kualitas beras yang unggul. Delanggu juga pernah mendapat julukan lumbung padi Klaten. Berdasarkan sejarahnya Delanggu merupakan daerah penyuplai beras yang potensial dan mempunyai kualitas yang sangat bagus, yakni yang paling populer adalah beras Rojolele. Rojolele merupakan varietas padi lokal Delanggu yang memiliki keunggulan rasa.

Pentingnya mengetahui bagaimana kondisi produktivitas padi di suatu wilayah, yakni di Kabupaten Klaten adalah mengetahui kondisi pangan di wilayah tersebut. Penentuan produktivitas padi saat ini dilakukan dengan pemanfaatan teknologi yang modern dan metode-metode yang efektif serta akurat. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh memang saat ini sedang populer karena memang terbukti hasilnya yang efektif dan akurat. Teknologi penginderaan jauh yang baik untuk penentuan produktivitas padi yakni dengan teknologi citra satelit seperti citra Sentinel-2..

Penggunaan metode EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sangat cocok untuk mengetahui masa tanam padi dimana dapat digunakan untuk menganalisis tingkat produksi padi serta dapat pula nantinya untuk menghitung logistik pangan di daerah tersebut. Berdasarkan uraian diatas, penting dilakukan analisis untuk mengetahui produksi padi dan logistik pangan dengan penggunaan teknologi penginderaan jauh yang efektif terutama untuk mengetahui tingkat produktivitas padi dan logistik pangan di Kabupaten Klaten pada tahun 2016.

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana fase pertumbuhan padi berdasarkan nilai indeks vegetasi algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan EVI (*Enhanced Vegetation Index*) di Kabupaten Klaten?
2. Bagaimana hasil analisis perhitungan produksi padi berdasarkan metode survei ubinan, klasifikasi terbimbing serta algoritma NDVI dan EVI terhadap data dinas pertanian Kabupaten Klaten?
3. Bagaimana hasil analisis perhitungan logistik pangan berdasarkan tingkat produksi padi dan data kependudukan Kabupaten Klaten?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui fase pertumbuhan padi yang dihasilkan berdasarkan algoritma NDVI dan EVI di Kabupaten Klaten.
2. Mengetahui tingkat produktivitas dan nilai produksi padi di Kabupaten Klaten.
3. Mengetahui nilai logistik pangan berdasarkan nilai produksi padi dan data penduduk di Kabupaten Klaten.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Aspek keilmuan
Memberikan kontribusi bagi ilmu penginderaan jauh, khususnya penggunaan dan pengolahan citra satelit Sentinel-2 dengan menggunakan metode indeks vegetasi yakni EVI dan NDVI.
2. Aspek Rekayasa
Hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk mengetahui produksi padi dengan mengkombinasikan survei perhitungan dan klasifikasi citra satelit serta digunakan untuk mengetahui logistik pangan di Kabupaten Klaten.

I.4. Batasan Masalah

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Luas tanam padi diperoleh dari hasil klasifikasi citra dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*).
2. Penentuan produksi padi dihitung dalam kondisi normal yakni tidak terpengaruh faktor-faktor lain, seperti banjir, hama, dan kekeringan.
3. Konsumsi beras dianggap normal yakni berdasarkan Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian Republik Indonesia sebesar 281,7 gram/kap/hari.
4. Konsumsi untuk pria dan wanita serta perbedaan umur dianggap normal atau sama.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut: area studi penelitian ini terletak pada Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Tanaman 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 (HKTI, 2017). 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 memiliki beberapa fase selama masa pertumbuhan yang akan berpengaruh terhadap hasil pengolahan dengan metode NDVI maupun EVI. Menurut Noer (2008) ada 4 fase pertumbuhan padi yaitu :

1. Fase awal pertumbuhan padi dimana lahan sawah di dominasi oleh air karena penggenangan (fase tanam).
2. Fase pertumbuhan vegetatif, ditandai dengan semakin lebatnya daun tanaman padi yang menutupi seluruh lahan sawah. Pada fase ini penutupan lahan didominasi warna hijau.
3. Fase pertumbuhan generatif, kondisi lahan sawah yang semula di dominasi daun berwarna hijau akan digantikan dengan butir-butir padi yang berwarna kuning.
4. Fase bera dimana lahan menjadi bera selama jangka waktu tertentu.

II.2. Produktivitas dan Produksi 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).

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

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

Keterangan:

GKP = Gabah kering panen (kw/ha)

GKG = Gabah kering giling (kw/ha)

Ur = Nilai ubinan rata-rata (kg/m)

II.3. Survei Ubinan

Survei ubinan merupakan survei yang bertujuan untuk mengetahui produktivitas (hasil per hektar) tanaman. Saat ini, tanaman yang bisa diukur produktivitasnya melalui ubinan baru terbatas pada komoditas padi, jagung, kedelai, ubi kayu, dan ubi jalar. Selain angka produktivitas, ubinan juga mencakup data pendukung lainnya seperti jenis lahan, cara penanaman, jenis intensifikasi, jenis variates benih, banyaknya benih, pupuk dan pestisida yang digunakan, dan informasi kualitatif terkait produktivitas (Arafat, 2011).

II.5 Logistik Pangan

Logistik secara sederhana dapat didefinisikan sebagai penyediaan suatu barang yang dibutuhkan yang pengadaannya dapat dilakukan langsung oleh pihak yang membutuhkan atau dilakukan oleh pihak lain (Tamboen, 2008). Dalam perkembangannya, persepsi logistik berubah, logistik dipersepsikan bukan lagi suatu barang yang dibutuhkan melainkan proses mengadakan barang kebutuhan tersebut dipersepsikan sebagai logistik. Untuk menghitung logistik pangan di suatu wilayah tersebut (Desrina, 2009), maka diperlukan data:

1. Jumlah konsumsi beras orang/hari
2. Jumlah penduduk di suatu wilayah yang akan dikaji
3. Jumlah produksi beras ton/tahun di wilayah yang akan dikaji

Adapun rumus perhitungan logistik pangan dapat dilihat pada rumus II.3.

$$Logistik\ pangan = produksi\ beras - jumlah\ konsumsi\ beras ..(II.3)$$

Keterangan:

Produksi Beras : Produksi yang didapatkan sebesar 63% dari GKG

Jumlah Konsumsi: Konsumsi total masyarakat selama satu tahun

II.7 Klasifikasi Supervised

Klasifikasi *Supervised* atau biasa disebut dengan klasifikasi terselia adalah klasifikasi yang menggunakan *input* berupa contoh objek oleh operator citra. Contoh objek ini yang disebut sampel dan lokasi geografis kelompok piksel sampel ini disebut sebagai daerah contoh (*training area*). (Danoedoro,2012).

II.8 Algoritma Indeks Vegetasi NDVI

NDVI merupakan indeks kehijauan vegetasi atau aktivitas fotosintesis vegetasi dan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan (Maksum, 2015). Rentang NDVI berkisar antara -1 sampai +1. Untuk rumus NDVI dapat dilihat pada rumus II.4.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}..... (II.4)$$

Keterangan:

NDVI : *Normalized Difference Vegetation Index*

NIR : Kanal Inframerah Dekat

Red : Kanal Merah

Menurut Hafizh (2013) kaitan NDVI dengan fase pertumbuhan padi adalah terkait dengan perentangan nilai NDVI terhadap setiap fase pertumbuhan padi tersebut. Setiap fase pertumbuhan padi memiliki perentangan nilai NDVI masing-masing. Nilai perentangan NDVI pada fase pertumbuhan padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rentang Nilai NDVI Fase Pertumbuhan Padi (Hafizh, 2013)

No.	Fase Tumbuh	Nilai NDVI	Umur Tanam (MST)
1.	Air	< 0.137	< 3
2.	Vegetatif (1 dan 2)	0.137 – 0.736	3 – 6
3.	Generatif (1 dan 2)	0.736 – 0.167	6 – 14
4.	Bera	0.138 – 0.265	14 - 17

II.11 Algoritma Indeks Vegetasi EVI

EVI dikembangkan sebagai indeks vegetasi alternatif untuk mengatasi beberapa keterbatasan NDVI (Maksum, 2015). Rentang nilai yang dihasilkan EVI yakni berkisar antara 0 sampai +1. Untuk rumus EVI dapat dilihat pada rumus II.5.

$$EVI = \frac{2.5 \times (NIR - Red)}{(1 + NIR + (6 \times Red) - (7.5 \times Blue))} \dots \dots \dots \quad (II.5)$$

Keterangan:

- EVI : Enhanced Vegetation Index
- NIR : Kanal Inframerah Dekat
- Red : Kanal Merah
- Blue : Kanal Biru

Menurut Hafizh (2013) kaitan EVI dengan fase pertumbuhan padi adalah terkait dengan perentangan nilai EVI terhadap setiap fase pertumbuhan padi tersebut. Setiap fase pertumbuhan padi memiliki perentangan nilai EVI masing-masing. Nilai perentangan EVI pada fase pertumbuhan padi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rentang Nilai EVI Fase Pertumbuhan Padi (Hafizh, 2013)

No.	Fase Tumbuh	Nilai NDVI	Umur Tanam (MST)
1.	Air	< 0.192	< 3
2.	Vegetatif (1 dan 2)	0.192 – 0.739	3 – 6
3.	Generatif (1 dan 2)	0.739 – 0.277	6 – 14
4.	Bera	0.193 – 0.211	14 - 17

III. Metodologi Penelitian

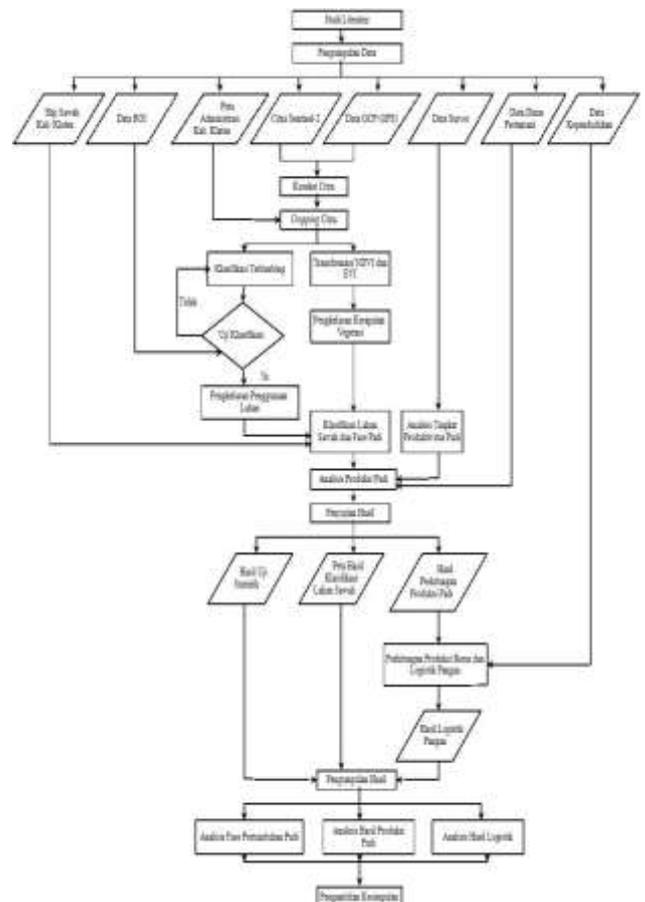
III.1. Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 4.

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

1. Peralatan Penelitian

- A. Peralatan Survei Lapangan
 - 1) GPS Handheld Garmin GPSMAP 60CSx
- B. Perangkat Keras (Hardware)
 - 1) Perangkat dengan spesifikasi sebagai berikut: Laptop ASUS A450C Intel Core I3-3217U, 1,8 GHz, RAM 2 GB, OS Windows 8
- C. Perangkat Lunak (Software)
 - 1) ArcGIS 10
 - 2) ENVI 5.1
 - 3) QGIS 2.18.7 “Las Palmas”
 - 4) Microsoft Word 2010
 - 5) Microsoft Excel 2010
 - 6) Drawing Chart
 - 7) IBM SPSS Statistics 24
2. Data penelitian
 - a. Citra Satelit Sentinel-2 akuisisi bulan Maret, April, Oktober, dan Desember
 - b. Batas Administrasi (shp) skala 1:25.000 dan shp sawah Kabupaten Klaten
 - c. Data GCP (survei lapangan)
 - d. Data ROI (survei lapangan)
 - e. Data Survei Ubinan (survei lapangan)
 - f. Data Produksi Padi Dinas Pertanian Kabupaten Klaten
 - g. Data Kependudukan Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan berikut:

1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data.
2. Koreksi Citra
 - A. Koreksi Geometrik

Pada penelitian ini, penggunaan titik GCP adalah sebanyak 14 titik GCP yang digunakan dalam proses koreksi geometrik. Koreksi geometrik pertama dilakukan pada citra terhadap data titik GCP yang telah diukur sebelumnya dengan menggunakan *image to map*. Tampilan hasil koreksi geometrik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Proses Koreksi Geometrik

B. Koreksi Radiometrik

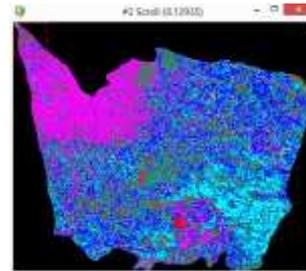
Proses koreksi radiometrik atau pengonversian ke TOA *Reflectance* dilakukan dengan menggunakan *plugin* yang ada pada *software* QGIS 2.18.7 “Las Palmas”. Yakni dengan menggunakan *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Tampilan hasil koreksi radiometrik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram Kanal Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Koreksi Radiometrik

3. Supervised Classification

Supervised classification menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Proses *supervised classification* ini menggunakan nilai piksel citra sebagai acuan dalam klasifikasinya. Pada proses klasifikasi terbimbing ini nantinya citra diklasifikasi menjadi 9 kelas tutupan lahan yakni awan dan bayangan, hutan dan perkebunan, lapangan, sawah digenangi, sawah vegetatif, sawah generatif, sawah bera, air dan pemukiman. Hasil akhir proses ini akan menghasilkan peta tutupan lahan. Tampilan hasil *supervised classification* dapat dilihat pada Gambar 4.

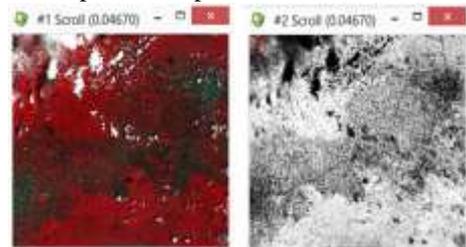


Gambar 4. Visualisasi Hasil *Supervised Classification*

4. Transformasi Algoritma NDVI dan EVI

A. Algoritma NDVI

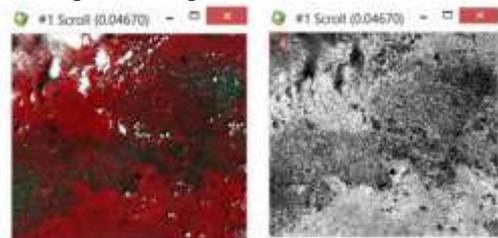
Transformasi atau perhitungan indeks ini dilakukan dengan memanfaatkan *band math* pada *software* ENVI 5.1. Hasil transformasi NDVI adalah nilai indeks dengan rentang yakni dari -1 sampai 1. Rentang indeks tersebut digunakan untuk menganalisis fase pertumbuhan padi. Hasil transformasi algoritma NDVI dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Transformasi Algoritma Indeks Vegetasi NDVI

B. Algoritma EVI

Transformasi atau perhitungan indeks ini dilakukan dengan memanfaatkan *band math* pada *software* ENVI 5.1. Hasil transformasi EVI adalah nilai indeks dengan rentang yakni dari -1 sampai 1. Rentang indeks tersebut digunakan untuk menganalisis fase pertumbuhan padi. Hasil transformasi algoritma EVI dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Citra Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) Transformasi Algoritma Indeks Vegetasi EVI

5. Perhitungan Produksi Padi

Perhitungan produksi padi dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a) Pertama adalah mencari nilai rata-rata ubinan dari sampel yang telah diperoleh dengan

membagi total nilai ubinan dengan jumlah sampel yang diambil.

- b) Setelah didapatkan nilai ubinan rata-rata, selanjutnya melakukan perhitungan produktivitas padi. Perhitungan produktivitas padi menggunakan rumus II.1 dan II.2.
- c) Selanjutnya adalah melakukan perhitungan produksi padi dengan mengalikan data produktivitas padi dengan luas fase generatif selama satu tahun.

6. Perhitungan Logistik Pangan

Perhitungan logistik pangan dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a) Perhitungan logistik pangan diawali dengan menghitung konsumsi beras penduduk Kabupaten Klaten selama satu tahun yakni dengan menggunakan data jumlah penduduk dan nilai konsumsi beras per hari.
- b) Setelah didapatkan nilai konsumsi beras dalam satu tahun, dapat dilakukan perhitungan logistik pangan dengan menggunakan nilai konsumsi beras satu tahun dan nilai produksi padi.

7. Uji Statistik

Uji statistik pada penelitian ini dilakukan uji normalitas, uji korelasi dan uji T. Uji statistik dilakukan terhadap 5 variabel data yakni nilai EVI, nilai NDVI, luas fase generatif, produksi padi dan logistik pangan.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1. Hasil dan Analisis Koreksi Geometrik

Hasil koreksi geometrik menghasilkan nilai RMS yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil RMS Koreksi Geometrik

No.	Bulan	RMS Rata-rata (Piksel)	Pergeseran (m)
1.	Maret	0,081	0,81
2.	April	0,129	1,29
3.	Oktober	0,164	1,64
4.	Desember	0,161	1,61

Pergeseran tersebut didapatkan dari nilai RMS rata-rata dikalikan dengan resolusi spasial dari citra Sentinel-2 yakni 10 meter. Nilai pergeseran menunjukkan perubahan posisi pada lokasi yang sebenarnya dilapangan.

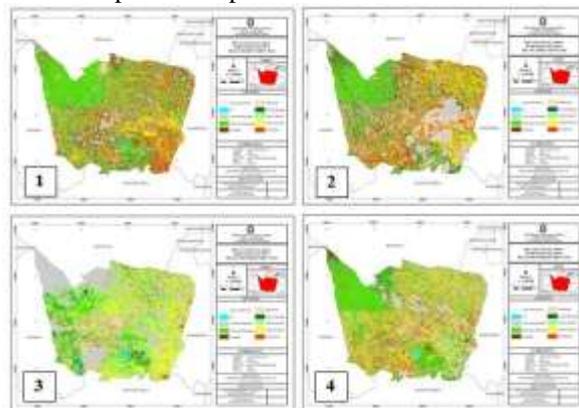
IV.2 Hasil dan Analisis Koreksi Radiometrik

Dari hasil koreksi radiometrik yang telah dilakukan terhadap 4 bulan akuisisi citra didapatkan nilai TOA *Reflectance* atau nilai pantul yang berkisar dari 0 hingga 1.

Nilai *min* dan *max* menunjukkan bahwa nilai pantul tersebut mewakili nilai dari obyek pada daerah penelitian. Nilai 0 biasanya mewakili obyek yang berbentuk air atau perairan sedangkan nilai 1 atau lebih biasanya mewakili obyek vegetasi.

IV.3 Hasil dan Analisis Supervised Classification

Supervised classification menghasilkan peta tutupan lahan beserta dengan akurasi matriks konfusinya. Peta tutupan lahan dan akurasi matriks konfusi dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 4.



Gambar 7. Peta Tutupan Lahan

Keterangan:

- 1 = Bulan Maret
- 2 = Bulan April
- 3 = Bulan Oktober
- 4 = Bulan Desember

Tabel 4. Hasil Klasifikasi Akurasi

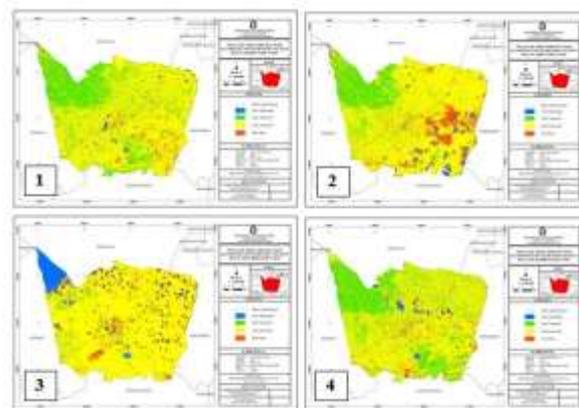
No.	Bulan	Akurasi (%)	Klasifikasi
1.	Maret	82,3529	Good
2.	April	80,0000	Good
3.	Oktober	81,4815	Good
4.	Desember	90,3704	Excellent

Tingkat akurasi yang dihasilkan menunjukkan tingkat kebenaran hasil klasifikasi dengan kebenaran di lapangan.

IV.4 Hasil dan Analisis Algoritma NDVI dan EVI

IV.4.1 Peta Fase Tumbuh Padi Algoritma NDVI

Peta fase tumbuh padi algoritma NDVI dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta Fase Tumbuh Padi Algoritma NDVI

Keterangan:

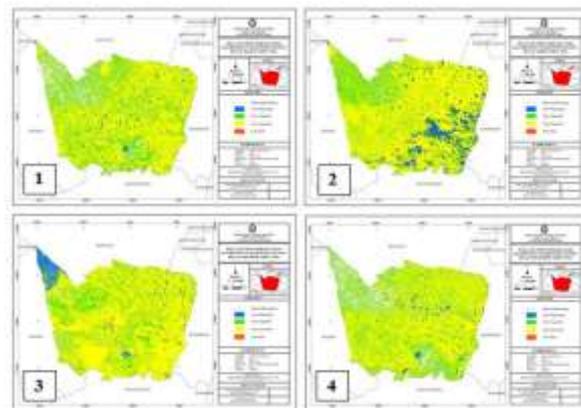
- 1 = Bulan Maret
- 2 = Bulan April
- 3 = Bulan Oktober
- 4 = Bulan Desember

Dari hasil peta fase tumbuh padi algoritma NDVI dapat dianalisis bahwa:

1. Peta fase pertumbuhan padi algoritma NDVI bulan Maret, secara visual bulan Maret terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase vegetatif lebih mendominasi area persawahan dari wilayah penelitian, yakni Kabupaten Klaten. Dominasi tersebut ditunjukkan oleh sebaran warna hijau yang mendominasi hampir seluruh wilayah penelitian. Dapat diartikan bahwa bulan Maret, padi berada pada umur 3 – 6 MST (Minggu Setelah Tanam). Berarti nilai sebaran NDVI pada bulan Maret didominasi oleh nilai yang berada pada rentang 0,137 – 0,736.
2. Peta fase pertumbuhan padi algoritma NDVI bulan April, secara visual bulan April terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase generatif lebih mendominasi area persawahan dari wilayah penelitian, yakni Kabupaten Klaten. Dominasi tersebut ditunjukkan oleh sebaran warna kuning yang mendominasi area penelitian. Dapat diartikan bahwa bulan April, padi berada pada umur 6 – 14 MST (Minggu Setelah Tanam). Berarti nilai sebaran NDVI pada bulan April didominasi oleh nilai yang berada pada rentang 0,736 – 0,167.
3. Peta fase pertumbuhan padi algoritma NDVI bulan Oktober, secara visual bulan Oktober terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase generatif lebih mendominasi area persawahan dari wilayah penelitian, yakni Kabupaten Klaten. Dominasi tersebut ditunjukkan oleh sebaran warna kuning yang mendominasi area penelitian. Dapat diartikan bahwa bulan Oktober, padi berada pada umur 6 – 14 MST (Minggu Setelah Tanam). Nilai sebaran NDVI pada bulan Oktober didominasi oleh nilai yang berada pada rentang 0,736 – 0,167.
4. Peta fase pertumbuhan padi algoritma NDVI bulan Desember, secara visual bulan Desember terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase vegetatif lebih mendominasi area persawahan dari wilayah penelitian, yakni Kabupaten Klaten. Dominasi tersebut ditunjukkan oleh sebaran warna hijau yang mendominasi hampir seluruh wilayah penelitian. Dapat diartikan bahwa bulan Desember, padi berada pada umur 3 – 6 MST (Minggu Setelah Tanam). Berarti nilai sebaran NDVI pada bulan Desember didominasi oleh nilai yang berada pada rentang 0,137 – 0,736.

IV.4.2 Peta Fase Tumbuh Padi Algoritma EVI

Peta fase tumbuh padi algoritma EVI dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Peta Fase Tumbuh Padi Algoritma EVI

Keterangan:

- 1 = Bulan Maret
- 2 = Bulan April
- 3 = Bulan Oktober
- 4 = Bulan Desember

Dari hasil peta fase tumbuh padi algoritma EVI dapat dianalisis bahwa:

1. Peta fase pertumbuhan padi algoritma EVI bulan Maret, secara visual bulan Maret terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase vegetatif lebih mendominasi area persawahan dari wilayah penelitian, yakni Kabupaten Klaten. Sebaran yang dihasilkan berdasarkan tingginya distribusi nilai EVI rentang fase vegetatif. Dominasi fase vegetatif ditunjukkan oleh sebaran warna hijau yang mendominasi area utara, barat, dan selatan. Dapat diartikan bahwa bulan Maret, padi berada pada umur 3 – 6 MST (Minggu Setelah Tanam). Ini menunjukkan bahwa nilai EVI yang dihasilkan pada bulan Maret didominasi nilai EVI dari rentang 0,192 – 0,739.
2. Peta fase pertumbuhan padi algoritma EVI bulan April, secara visual bulan April terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase generatif lebih mendominasi area penelitian dimana ditunjukkan sebaran warna kuning yang tersebar di area utara, timur laut dan barat daya. Sebaran yang dihasilkan berdasarkan tingginya distribusi nilai EVI rentang fase generatif. Dapat diartikan bahwa bulan April, padi berada pada umur 6 – 14 MST (Minggu Setelah Tanam). Ini menunjukkan bahwa nilai EVI yang dihasilkan pada bulan April didominasi nilai EVI dari rentang 0,739 – 0,277.
3. Peta fase pertumbuhan padi algoritma EVI bulan Oktober, secara visual bulan Oktober terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase generatif lebih mendominasi dibandingkan fase-fase yang lain. Hal ini ditunjukkan sebaran warna kuning yang tersebar di area timur dan selatan. Sebaran yang dihasilkan berdasarkan tingginya distribusi nilai EVI rentang fase

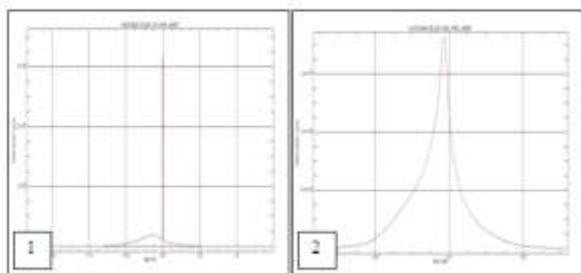
generatif. Dapat diartikan bahwa bulan Oktober, padi berada pada umur 6 – 14 MST (Minggu Setelah Tanam). Ini menunjukkan bahwa nilai EVI yang dihasilkan pada bulan Oktober didominasi nilai EVI dari rentang 0,739 – 0,277.

4. Peta fase pertumbuhan padi algoritma EVI bulan Desember, secara visual bulan Desember terdapat fase digenangi, fase vegetatif, fase generatif dan fase bera. Hasilnya adalah fase vegetatif lebih mendominasi dimana sebaran warna hijau hampir merata pada wilayah penelitian. Sebaran yang dihasilkan berdasarkan tingginya distribusi nilai EVI rentang fase vegetatif. Dapat diartikan bahwa bulan Desember, padi berada pada umur 3 – 6 MST (Minggu Setelah Tanam). Ini menunjukkan bahwa nilai EVI yang dihasilkan pada bulan Desember didominasi nilai EVI dari rentang 0,192 – 0,739.

IV.5 Hasil dan Analisis Histogram Selisih

IV.5.1 Histogram Selisih April-Maret

Histogram selisih April-Maret dapat dilihat pada Gambar.10.



Gambar 10. Histogram Selisih April-Maret

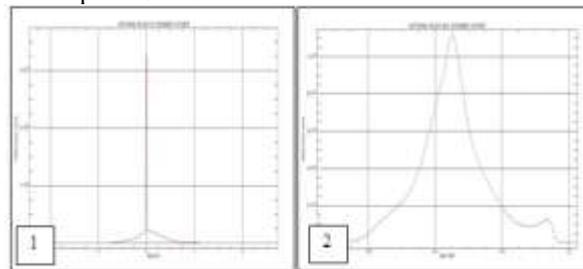
Keterangan:

- 1 = Algoritma EVI
- 2 = Algoritma NDVI

Berdasarkan histogram selisih EVI maupun NDVI dapat dianalisis bahwa histogram selisih nilai EVI dan NDVI bulan April dengan bulan Maret menunjukkan kurva yang naik turun. Sumbu X menunjukkan selisih nilai EVI maupun NDVI sedangkan sumbu Y menunjukkan frekuensi data atau banyaknya data. Apabila nilai selisih EVI dan NDVI menghasilkan nilai <0 itu menunjukkan fase generatif sedangkan apabila nilai selisih EVI dan NDVI menghasilkan nilai >0 itu menunjukkan fase vegetatif. Dari histogram tersebut, kurva menunjukkan nilai selisih <0 memiliki tingkat frekuensi data yang tinggi. Jadi, dominasi tersebut menunjukkan fase generatif. Selisih ini didapatkan dari bulan April terhadap Maret maka berdasarkan histogram tersebut bulan April lebih didominasi fase generatif dibanding bulan Maret. Kedua histogram baik selisih algoritma EVI maupun NDVI menunjukkan hasil yang sama yakni bulan April lebih didominasi fase generatif dibandingkan bulan Maret.

IV.5.2 Histogram Selisih Desember-Oktober

Histogram selisih Desember-Oktober dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Histogram Selisih Desember-Oktober

Keterangan:

- 1 = Algoritma EVI
- 2 = Algoritma NDVI

Berdasarkan histogram selisih EVI maupun NDVI dapat dianalisis bahwa histogram selisih nilai EVI dan NDVI bulan Desember dengan bulan Oktober menunjukkan kurva yang naik turun. Sumbu X menunjukkan selisih nilai EVI maupun NDVI sedangkan sumbu Y menunjukkan frekuensi data atau banyaknya data. Apabila nilai selisih EVI dan NDVI menghasilkan nilai <0 itu menunjukkan fase generatif sedangkan apabila nilai selisih EVI dan NDVI menghasilkan nilai >0 itu menunjukkan fase vegetatif. Dari histogram tersebut, kurva menunjukkan nilai selisih >0 memiliki tingkat frekuensi data yang tinggi. Jadi, dominasi tersebut menunjukkan fase vegetatif. Selisih ini didapatkan dari bulan Desember terhadap Oktober maka berdasarkan histogram tersebut bulan Desember lebih didominasi fase generatif dibanding bulan Oktober. Kedua histogram baik selisih algoritma EVI maupun NDVI menunjukkan hasil yang sama yakni bulan Desember lebih didominasi fase generatif dibandingkan bulan Oktober.

IV.6 Hasil dan Analisis Produksi Padi

Hasil produksi padi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Produksi Padi

No.	Data Perhitungan Produksi	Nilai
1.	Luas Rata-rata (dalam satu tahun)	6.930,505 Hektar
2.	Produktivitas Padi	63,461 Kw/Hektar
3.	Produksi Rata-rata dalam Setahun	527.780,099 Ton

Berdasarkan tabel perhitungan didapatkan analisis sebagai berikut:

1. Nilai luas fase generatif ini didapatkan dari hasil klasifikasi terbimbing yang telah dikoreksi dengan luas total sawah Kabupaten Klaten untuk menghindari perluasan luas fase generatif. Perluasan luas akan berpengaruh besar terhadap nilai estimasi produksi padi yakni akan memberikan selisih yang besar terhadap data dinas. Nilai luas fase generatif terkoreksi tersebut diasumsikan sama untuk setiap bulan selama satu tahun. Nilai luas fase generatif terkoreksi ini digunakan untuk

mencari nilai produksi padi selama satu tahun dengan dikalikan nilai produktivitas padi.

2. Nilai produktivitas padi didapatkan dari hasil rata-rata seluruh nilai survei ubinan dari panen petani di Kabupaten Klaten. Nilai produktivitas sebesar 63,461 kw/ha menunjukkan bahwa daya produksi atau tingkat kualitas padi terhadap produksi padi sebesar 63,461 kw/ha. Nilai produktivitas padi akan berbanding lurus dengan nilai produksi padinya yakni semakin tinggi nilai produktivitas padi dimana berarti kualitas padi semakin baik maka produksi padi yang akan dihasilkan juga semakin tinggi dan baik.
3. Nilai produksi padi ini merupakan estimasi nilai produksi keseluruhan Kabupaten Klaten selama satu tahun yang didapatkan dari hasil pengolahan citra satelit dengan data survei. Nilai produksi padi sebesar 782.801,589 ton dianggap dalam keadaan normal dan dianggap setiap bulan dalam satu tahun memiliki luasan panen yang sama pada wilayah penelitian yakni Kabupaten Klaten. Nilai produksi inilah merupakan hasil atau *output* yang dihasilkan dari nilai produktivitas padi. Nilai produksi padi berkorelasi dengan luasan panen dan produktivitas yakni semakin tinggi luasan panen dan produktivitas padi maka semakin tinggi pula hasil produksi padi yang akan dihasilkan.

IV.7 Hasil dan Analisis Produksi Padi dengan Data Dinas Pertanian

Perbandingan produksi padi dengan data Dinas Pertanian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Produksi Padi dengan Data Dinas

No.	Data Produksi	Nilai
1.	Produksi Hasil Pengolahan	527.780,099 ton
2.	Produksi Dinas Pertanian	425916 ton
	Selisih	101.864,099 ton

Dapat dianalisis bahwa nilai selisih dari data produksi hasil pengolahan dengan produksi dinas pertanian menunjukkan nilai sebesar 101.864,099 ton. Dapat diasumsikan bahwa nilai selisih kedua data cukup besar. Hal ini dikarenakan pada perhitungan produksi padi menggunakan luasan sawah generatif yang dianggap sama setiap bulannya atau luasan rata-rata yakni sebesar 6.930,505 hektar sedangkan pada produksi padi menurut dinas pertanian Kabupaten Klaten setiap bulan memiliki luas sawah generatif atau panennya masing-masing. Luasan sawah berdasarkan data dinas memiliki nilai yang sebagian besar lebih kecil dari luasan sawah hasil pengolahan. Dan juga, selisih yang cukup besar juga dikarenakan perbedaan nilai produktivitas pada hasil pengolahan dan dinas pertanian. Pada hasil pengolahan nilai produktivitas sebesar 63,461 kw/hektar sedangkan pada data dinas sebesar 57,87 kw/hektar. Perbedaan nilai produktivitas juga dikarenakan adanya perbedaan pengambilan sampel baik dalam metode sampel,

jumlah sampel, dan teknik pengambilan sampel. Oleh karena itu, selisih yang cukup besar tersebut dapat diasumsikan karena perbedaan luasan sawah panen dan nilai produktivitas yang digunakan dalam penentuan produksi padi.

IV.8 Hasil dan Analisis Logistik Pangan

Perhitungan logistik pangan menggunakan data produksi selama satu tahun dengan konsumsi masyarakat Kabupaten Klaten selama satu tahun. Hasil perhitungan logistik pangan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Logistik Pangan

No.	Perhitungan	Nilai
1.	Jumlah Penduduk Tahun 2016	1.298.479 jiwa
2.	Jumlah Konsumsi Masyarakat (dalam satu tahun)	133.510,26 ton/tahun
3.	Jumlah Produksi Beras (dalam satu tahun)	332.501,462 ton
4.	Nilai Logistik Pangan	(+) 198.991,202 ton

Dari hasil perhitungan logistik pangan, dapat dilakukan analisis yakni berdasarkan hasil perhitungan logistik pangan didapatkan hasil sebesar (+)198.991,202 ton. Tanda positif menunjukkan bahwa nilai logistik tersebut memenuhi kebutuhan masyarakat. Nilai tersebut mengartikan bahwa estimasi produksi padi yang dihasilkan dapat memenuhi seluruh konsumsi masyarakat selama satu tahun. Konsumsi masyarakat yang digunakan dalam kondisi normal yakni tidak terpengaruh konsumsi per usia karena tiap usia biasanya konsumsi beras yang digunakan berbeda-beda. Dengan nilai logistik pangan yang dihasilkan, dapat diasumsikan bahwa Kabupaten Klaten memiliki pangan yang baik karena dapat memenuhi kebutuhan konsumsi beras masyarakat selama satu tahun yakni tahun 2016 dan masih memiliki cadangan beras untuk dapat digunakan tahun-tahun berikutnya.

IV.8 Hasil dan Analisis Uji Statistik

Berdasarkan hasil uji yang telah didapatkan yakni uji normalitas, uji korelasi dan uji T dapat dilakukan analisis sebagai berikut.:

1. Hasil uji normalitas yang dilakukan terhadap 5 variabel atau data penelitian yakni nilai NDVI, nilai EVI, nilai luas fase generatif, nilai produksi padi dan nilai logistik pangan. Dari kelima variabel tersebut didapatkan nilai sig hasil uji normalitas sebesar 0,200 untuk kelima variabel tersebut. Hal ini mengartikan bahwa hasil tersebut memenuhi syarat pertama yakni data penelitian berdistribusi normal karena nilai $0,200 > 0,05$. Oleh karena itu, data nilai NDVI, nilai EVI, nilai luas fase generatif, nilai produksi padi dan nilai logistik pangan memiliki data yang berdistribusi normal.
2. Hasil uji korelasi terbagi menjadi 3 yakni sebagai berikut:

- a. Hasil uji korelasi antara variabel nilai NDVI dengan nilai EVI dimana dari pengolahan uji korelasi didapatkan nilai sig sebesar 0,008. Hal ini berarti nilai $0,008 < 0,05$ dimana mengartikan bahwa H_0 ditolak karena nilai sig yang dihasilkan lebih kecil daripada nilai sig yang dijadikan sebagai syarat. Apabila H_0 ditolak berarti H_a diterima dimana H_a adalah terdapat hubungan antara nilai NDVI dan nilai EVI.
 - b. Hasil uji korelasi antara variabel nilai luas fase generatif dengan nilai produksi padi dimana dari pengolahan uji korelasi didapatkan nilai sig sebesar 0,000. Hal ini berarti nilai $0,000 < 0,05$ dimana mengartikan bahwa H_0 ditolak karena nilai sig yang dihasilkan lebih kecil daripada nilai sig yang dijadikan sebagai syarat. Apabila H_0 ditolak berarti H_a diterima dimana H_a adalah terdapat hubungan antara nilai luas fase generatif dan nilai produksi padi.
 - c. Hasil uji korelasi antara variabel nilai produksi padi dengan nilai logistik pangan dimana dari pengolahan uji korelasi didapatkan nilai sig sebesar 0,000. Hal ini berarti nilai $0,000 < 0,05$ dimana mengartikan bahwa H_0 ditolak karena nilai sig yang dihasilkan lebih kecil daripada nilai sig yang dijadikan sebagai syarat. Apabila H_0 ditolak berarti H_a diterima dimana H_a adalah terdapat hubungan antara nilai produksi padi dan nilai logistik pangan.
3. Hasil uji T dilakukan terhadap kelima variabel yakni antara nilai NDVI dan nilai EVI, nilai luas fase generatif dan nilai produksi padi, serta nilai produksi padi dan nilai logistik pangan. Dari hasil uji tersebut didapatkan hasil nilai sig pada NDVI dan EVI sebesar 0,005, nilai sig pada luas fase generatif dan produksi padi sebesar 0,000, dan nilai sig pada produksi padi dan logistik pangan sebesar 0,000. Ketiga nilai sig hasil pengolahan menunjukkan nilai yang lebih kecil dari 0,05 atau $< 0,05$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_a diterima. Jadi ketiga pasang variabel tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan antar variabel yakni nilai NDVI dan nilai EVI menunjukkan perbedaan yang signifikan, nilai luas sawah dan nilai produksi padi menunjukkan perbedaan yang signifikan, serta nilai produksi padi dan nilai logistik pangan yang menunjukkan perbedaan yang signifikan.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan sebaran nilai indeks vegetasi EVI dan NDVI yakni bulan April dan bulan Oktober lebih didominasi oleh fase generatif yakni didominasi nilai sebaran indeks vegetasi EVI pada rentang 0,739 – 0,277 dan indeks vegetasi NDVI pada rentang 0,736 – 0,167. Sedangkan pada bulan Maret dan Desember lebih

didominasi oleh fase vegetatif yakni didominasi nilai sebaran indeks vegetasi EVI pada rentang 0,192 – 0,739. Histogram selisih EVI dan NDVI bulan April dan Maret didominasi nilai < 0 yang mengartikan bulan April didominasi fase generatif dibanding bulan Maret sedangkan histogram selisih EVI dan NDVI bulan Desember dan Oktober didominasi nilai > 0 yang mengartikan bulan Desember didominasi fase vegetatif dibanding bulan Oktober. Jadi, nilai sebaran EVI dan NDVI dengan histogram berkorelasi dan menghasilkan hasil yang sama.

2. Berdasarkan parameter data hasil survei ubinan dan luasan sawah generatif hasil pengolahan didapatkan nilai survei ubinan rata-rata 40 sampel sebesar 4,612 kg dan luasan sawah generatif seluas 6.930,505 hektar. Dengan menggunakan dua parameter tersebut didapatkan nilai produktivitas padi sebesar 63,461 kw/hektar dan produksi padi sebesar 527.780,099 ton dalam satu tahun. Hasil produksi tersebut memiliki selisih sebesar 101.864,099 ton dengan data Dinas Pertanian Kabupaten Klaten. Selisih tersebut dikarenakan perbedaan luas lahan sawah, penentuan jumlah sampel ubinan, dan nilai produktivitas yang dipakai dalam perhitungan produksi.
3. Berdasarkan parameter nilai produksi padi, nilai konsumsi masyarakat, dan jumlah penduduk didapatkan hasil perhitungan logistik pangan sebesar (+) 198.991,202 ton. Nilai positif tersebut dapat diasumsikan bahwa Kabupaten Klaten memiliki logistik pangan yang baik pada tahun 2016 dimana produksi padi yang dihasilkan selama satu tahun dapat memenuhi konsumsi beras masyarakat Kabupaten Klaten.

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. Citra satelit yang digunakan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra Sentinel-2 agar memudahkan dalam klasifikasi citra dan hasil lebih baik.
2. Citra satelit menggunakan data temporal yang lebih banyak yakni misal setiap bulan dari bulan Januari hingga Desember agar penentuan fase pertumbuhan lebih mudah dan memiliki akurasi yang lebih baik.
3. Pengambilan data lapangan dan validasi lebih baik dilakukan pada tahun yang sama dengan tahun penelitian dilakukan.
4. Pada pelaksanaan survei ubinan menggunakan alat survei ubinan dan melakukan perijinan serta perjanjian akan melaksanakan survei ubinan dengan petani atau kelompok tani pada daerah penelitian.

5. Penentuan nilai produksi padi dalam suatu wilayah dapat dilakukan analisis mengenai faktor-faktor yang menyebabkan nilai produksi berbeda-beda seperti hama, jenis tanah, kondisi irigasi, dan sebagainya.
6. Untuk perhitungan logistik pangan dapat dibedakan tingkat konsumsi masyarakat tiap umur yakni anak kecil hingga orang dewasa memiliki konsumsi beras yang berbeda-beda.

Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. <https://www.scribd.com/doc/24329859/20090519Cetak-Biru-Logistik-Indonesia>. Diakses pada tanggal 8 Desember 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafat. 2011. *Ubinan (Survei Produktivitas Tanaman Pangan)*. <https://supergladiol.wordpress.com/2011/10/17/ubinan-survei-produktivitas-tanaman-pangan-1/>. Diakses pada tanggal 30 April 2017.
- Badan Pusat Statistika. 2016. *Laju Pertumbuhan Penduduk menurut Provinsi*. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada tanggal 9 Februari 2017 pukul 19.32.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : ANDI Offset.
- Desrina, R. 2011. *Proyeksi Tingkat Produksi Padi Dan Kebutuhan Konsumsi Beras Pada Tahun 2011 Di Kabupaten Karo*. Tugas Akhir Departemen Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hafizh, A.S, Agung Budi Cahyono, Agus Wibowo. 2013. *Penggunaan Algoritma NDVI dan EVI pada Citra Multispektral untuk Analisa Pertumbuhan Padi (Studi Kasus: Kabupaten Indramayu, Jawa Barat)*. Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya.
- HKTI. 2017. *Tanaman Padi*. <http://hkti.org/klasifikasi-tanaman-padioryza-sativa-1.html>. Diakses pada tanggal 8 Mei 2017.
- Maksum, Z.U. 2015. *Klasifikasi Indeks Vegetasi*. <https://geomusa.com/2015/10/enhance-d-vegetation-index-evi/>. Diakses pada tanggal 10 Juli 2017.
- Noer, M. 2008. *Estimasi Produksi Tanaman Padi Sawah di Kabupaten Bekasi, Karawang, dan Subang*. Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Depok.
- Said, H.I., dkk. 2015. *Analisis Produksi Padi Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Pekalongan*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- 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 15 Juli 2017.
- Sunantri, M. 2010. *Pulennya Beras Asli Delanggu*. <http://www.kompas.com>. Diakses pada tanggal 7 Februari 2017 pukul 20.24.
- Tamboen, dkk., 2008. *Penataan dan Pengembangan Sektor Logistik Indonesia*. Kementerian