

**ANALISIS TINGKAT PRODUKTIVITAS PADI BERDASARKAN
METODE NDVI (*NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX*)
DAN LSWI (*LAND SURFACE WATER INDEX*)
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT TAHUN 2007 DAN 2009
(Studi Kasus : Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah)**

Ariescha Eko Yuniarto, Yudo Prasetyo, Haniah^{*)}

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

ABSTRAK

*Padi merupakan salah satu sumber bahan makanan pokok sebagian besar masyarakat Indonesia. Perkiraan hasil panen padi dilakukan dengan mempertimbangkan parameter luas dan produktivitas tanaman padi. Luas tanah sawah diperoleh dari proses analisis citra satelit Landsat dengan memanfaatkan metode klasifikasi terbimbing. Produktivitas tanaman padi dihitung berdasarkan data survei ubinan yang dilakukan pada beberapa titik sampel yang diambil secara acak. Berdasarkan parameter luas lahan sawah hasil klasifikasi dan nilai produktivitas padi maka diketahui nilai produksi padi di kabupaten Karanganyar. Total hasil panen berdasarkan analisis citra satelit sebesar 219.839,256 ton pada tahun 2007 dan 227.088,717 ton pada tahun 2009. Pada citra Landsat dilakukan transformasi indeks vegetasi berdasarkan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) untuk mengetahui tingkat persebaran indeks vegetasi di kabupaten Karanganyar. Persebaran nilai indeks vegetasi hasil transformasi NDVI dan LSWI digunakan untuk mendeskripsikan nilai produktivitas. Produktivitas padi dipengaruhi oleh nilai indeks vegetasi dimana penurunan nilai NDVI atau peningkatan nilai LSWI akan meningkatkan nilai produktivitas padi.*

Kata kunci : Produktivitas padi; *Normalized Difference Vegetation Index*; *Land Surface Water Index*; citra Landsat

ABSTRACT

*Paddy is one of staple foods for the most Indonesian peoples. Crop yield estimation is done by considering the parameters of area and productivity of paddy. The area of paddy field is derived by analysis of Landsat's satellite image using the supervised classification method. Productivity of paddy is calculated based on survey 'ubinan' data at some random samples point. the parameters of area and productivity of paddy then the amount of crop yield is known in Karanganyar's regency. The amount of crop yield based on the analysis of satellite image is 219.839,256 ton in 2007 and 227.088,717 ton in 2009. In the Landsat image is applied the transformation of vegetation index based on NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) and LSWI (*Land Surface Water Index*) algorithm to determine the level of vegetation index distribution in Karanganyar's regency. The distribution of vegetation index based on NDVI and LSWI transformation use to describe the value of productivity. Productivity of paddy depend by vegetation index value that the decrease of NDVI or the increase of LSWI value will increase the value of paddy's productivity.*

Keywords : Paddy's productivity; *Normalized Difference Vegetation Index*; *Land Surface Water Index*; Landsat images

^{*)} Penulis, Penanggungjawab

1. Pendahuluan

1.1. Latar belakang

Tanaman padi merupakan salah satu tanaman pangan yang penting bagi kehidupan masyarakat Indonesia. Sebagian besar masyarakat Indonesia menjadikan padi sebagai sumber bahan makanan pokok. Di kabupaten Karanganyar sebagian besar penduduknya mempunyai mata pencaharian di sektor pertanian (petani sendiri dan buruh tani) yaitu 222.811 orang (30,58 %). Ketersediaan tanah sawah sebesar 22.465,11 Ha pada tahun 2009 mengalami penyusutan sekitar 9,8 Ha dibandingkan dengan tahun sebelumnya, akibatnya produksi padi juga akan berkurang (Badan Pusat Statistik, 2011).

Dinas pertanian memperkirakan produksi padi dengan mempertimbangkan parameter luas area tanam atau panen, jumlah benih yang disebar petani, perhitungan produktivitas dengan memanfaatkan struktur kelembagaan dibawahnya yaitu mantri tani dan penyuluh pertanian lapangan dan informasi luas baku sawah dari BPS (Napitupulu dkk., 1998 dalam Wahyunto dkk., 2006). Pengambilan data yang dilakukan secara manual di lapangan tersebut cenderung memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak.

Salah satu produk pertanian yang dapat memanfaatkan teknologi terbaru adalah perhitungan produksi tanaman padi menggunakan teknologi penginderaan jauh. Analisis citra satelit yang dapat dilakukan dalam pengamatan lahan sawah adalah dengan memperhatikan tingkat kehijauan dari tanaman. Gabungan beberapa kanal yang dimiliki citra satelit akan menghasilkan nilai indeks vegetasi yang mencerminkan tingkat kehijauannya. Nilai yang dihasilkan antara -1 hingga +1 dimana semakin besar nilainya menggambarkan semakin lebat atau hijau tanamannya.

Metode NDVI merupakan metode yang umum digunakan dalam beberapa penelitian mengenai produktivitas padi, sedangkan metode LSWI merupakan pengembangan dari metode NDVI dimana penggunaan kanal merah diganti dengan kanal inframerah tengah. Nilai hasil tranformasi indeks vegetasi tersebut digunakan sebagai pedoman dalam perhitungan produktivitas padi dengan metode ubinan. Pengambilan sampel ubinan berdasarkan nilai indeks vegetasi dengan asumsi bahwa tingkat kehijauan tanaman padi (nilai indeks vegetasi) mempunyai korelasi positif dengan produktivitas (Wahyunto dkk., 2006). Setelah diketahui nilai produktivitas padi selanjutnya dengan menghitung luas area tanaman yang dipantau pada citra satelit dapat dilakukan perhitungan produksi padi yang akan dipanen di suatu wilayah.

1.2. Penelitian terdahulu

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan data penginderaan jauh citra Landsat maupun penggunaan metode NDVI dan LSWI untuk pemantauan lahan. Hasil penelitian tersebut digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan penelitian ini sehingga akan didapatkan hasil yang lebih baik dan diharapkan pada penelitian ini dapat menyempurnakan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Daftar penelitian terdahulu serta penelitian yang dilakukan penulis

No.	Pengarang	Tahun	Judul	Keterangan
1	Wahyunto, Widagdo, dan Bambang Heryanto	2006	Pendugaan produktivitas tanaman padi sawah melalui analisis citra satelit	Dilaksanakan di Kabupaten Bekasi, Kerawang, Subang, dan Demak. Menggunakan citra Landsat dengan metode NDVI.
2	Satoshi Uchida	2009	<i>Identification of seasonal features of crop planting</i>	Menerapkan metode NDVI dan LSWI pada citra MODIS untuk menggolongkan masa pertumbuhan padi.
3	Aulia Hafizh S, Agung Budi Cahyono, dan Agus Wibowo	2013	Penggunaan algoritma NDVI dan EVI pada citra multispektral untuk analisa pertumbuhan padi	Penelitian dilakukan di kabupaten Indramayu, menggunakan data citra MODIS.
4	Arif Witoko, Andri Suprayogi, ST.,MT, dan Sawitri Subiyanto, Ir.,M.Si	2014	Analisis perubahan kerapatan vegetasi hutan jati dengan metode indeks vegetasi NDVI.	Perubahan dihitung dari tahun 2000 hingga 2011 dengan membagi dalam 5 kelas, yaitu kerapatan sangat jarang, jarang, sedang, lebat, dan sangat lebat.
5	Arischa Eko Yuniarto, DR. Yudo Prasetyo, ST., MT dan Ir. Haniah.	2015	Analisis tingkat produktivitas padi berdasarkan metode NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>) dan LSWI (<i>Land Surface Water Index</i>) menggunakan citra landsat tahun 2007 dan 2009 (Studi kasus : kabupaten karanganyar, jawa tengah)	Luas lahan sawah diperoleh dengan klasifikasi terbimbing, kemudian dikalikan data produktivitas padi untuk mendapatkan jumlah produksi padi.

1.3. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat persebaran nilai indeks vegetasi berdasarkan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) di kabupaten Karanganyar?
2. Bagaimana hasil analisis perhitungan produksi padi berdasarkan metode ubinan dan klasifikasi terbimbing terhadap data produksi padi dari dinas pertanian?
3. Bagaimana hasil analisis metode NDVI dan LSWI terkait efektifitas dalam perhitungan produktivitas padi di kabupaten Karanganyar pada tahun 2007 dan 2009 berdasarkan uji statistik?

2. Bahan dan metode

Dalam pelaksanaan penelitian menggunakan data pendukung agar hasil penelitian dapat dipertanggungjawabkan, yaitu :

1. Citra Landsat *path* 119 *row* 65 pada akuisisi tahun 2007 dan 2009 diunduh dari <http://earthexplorer.usgs.gov>.
2. Hasil pemindai Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 dari Badan Informasi Geospasial (BIG), dengan nomor lembar 1408-324, 1408-334, 1408-342, 1408-343, 1408-344, 1408-621, 1408-622, 1508-113, 1508-131, 1508-132, 1508-133, 1508-134, dan 1508-411.
3. Batas administrasi kabupaten Karanganyar dalam bentuk *.shp* skala 1:25.000 diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
4. Data produktivitas padi kabupaten Karanganyar dari dinas pertanian.

Dalam penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Masukan data
Pemilihan citra Landsat pada akuisisi bulan Juni tahun 2007 dan 2009. Citra Landsat kemudian dikoreksi dan dipotong berdasarkan wilayah administrasi kabupaten Karanganyar.
2. Pemrosesan data
Pada citra Landsat kabupaten Karanganyar terkoreksi kemudian dilakukan klasifikasi untuk lahan sawah dan dilakukan perhitungan indeks vegetasi berdasarkan metode NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*).
3. Analisis dan validasi data
Produktivitas padi dihitung dengan menggunakan data ubinan hasil survei lapangan. Hasil perhitungan tersebut kemudian dilakukan validasi terhadap data produksi padi dari dinas pertanian.
4. Kesimpulan dan saran
Berdasarkan hasil analisis kemudian dibuat kesimpulan mengenai tingkat persebaran nilai indeks vegetasi dan perhitungan produksi padi di kabupaten Karanganyar kemudian disusun beberapa saran sebagai masukan untuk pengembangan lebih lanjut bagi pihak-pihak terkait, peneliti serta masyarakat pada umumnya.

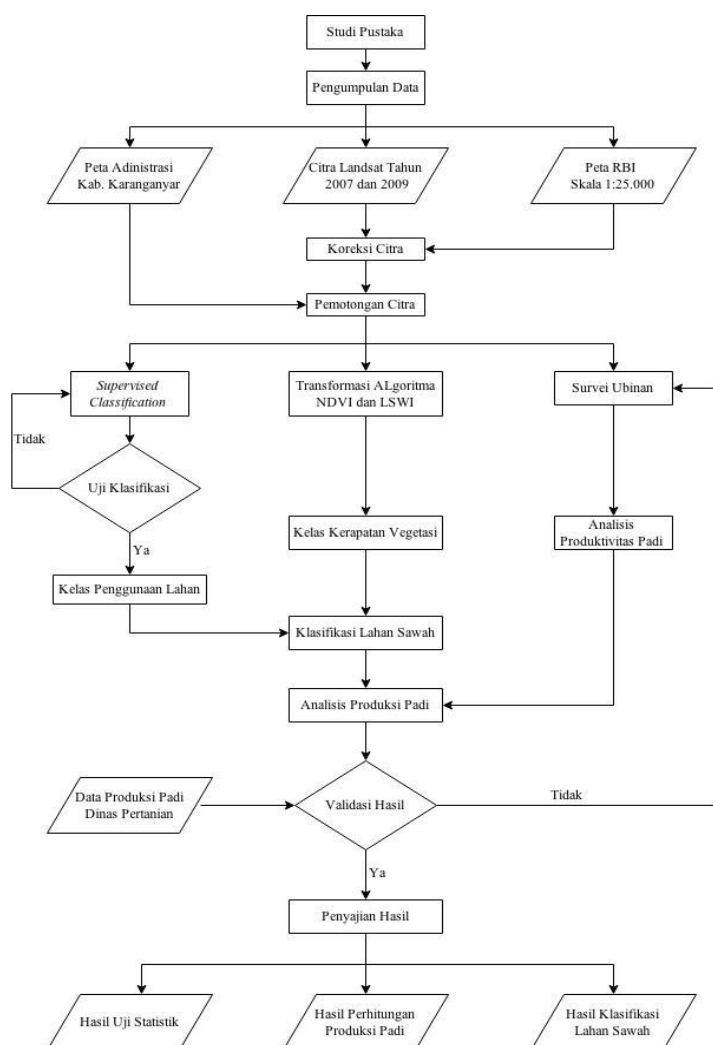
Untuk proses lebih jelasnya dapat dilihat diagram alir pada gambar 1.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pra-pengolahan citra Landsat

Menurut Danoedoro (2012) citra yang dihasilkan secara langsung melalui proses perekaman satelit

tidaklah bebas dari kesalahan. Kesalahan ini muncul karena adanya gerakan satelit, rotasi bumi, gerakan cermin pada sensor *scanner*, dan juga kelengkungan bumi. Akibat dari kesalahan geometri ini maka posisi piksel dari data inderaja satelit tersebut sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya. Koreksi geometri memerlukan beberapa titik kontrol lapangan (*ground control point*, GCP). GCP adalah suatu lokasi pada permukaan bumi yang dapat diidentifikasi pada citra dan sekaligus dikenali posisinya pada peta (Jensen, 2005 dalam Danoedoro, 2012). Nilai *Root Mean Square* (RMS) menunjukkan besarnya pergeseran letak titik-titik piksel pada citra Landsat yang telah dikoreksi geometri.



Gambar1. Diagram Alir Penelitian

Pada Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat hasil nilai koreksi geometrik citra Landsat tahun 2007 dan 2009. Nilai RMS pada citra Landsat tahun 2007 adalah 0,102 piksel yang artinya pada kenyataan terjadi pergeseran sebesar $0,102 \text{ piksel} \times 30 \text{ meter/piksel} = 3,052 \text{ meter}$, sedangkan

pada citra Landsat 2009 sebesar $0,160 \text{ piksel} \times 30 \text{ meter/piksel} = 4,797 \text{ meter}$.

Tabel 2. Nilai RMS Citra Landsat Tahun 2007

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,098	12	0,196
2	0,076	13	0,152
3	0,085	14	0,112
4	0,177	15	0,109
5	0,036	16	0,051
6	0,118	17	0,140
7	0,036	18	0,084
8	0,122	19	0,017
9	0,088	20	0,152
10	0,149	21	0,104
11	0,035		
Total RMS		2,136	
Rata-rata RMS		0,102	

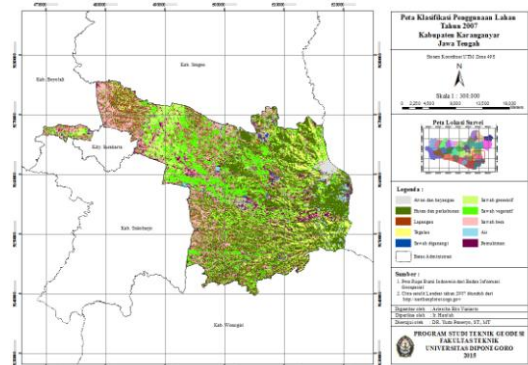
Tabel 3. Nilai RMS Citra Landsat Tahun 2009

No	Nilai RMS	No	Nilai RMS
1	0,122	12	0,019
2	0,062	13	0,041
3	0,076	14	0,265
4	0,064	15	0,115
5	0,164	16	0,143
6	0,153	17	0,237
7	0,298	18	0,163
8	0,261	19	0,219
9	0,052	20	0,021
10	0,558	21	0,287
11	0,039		
Total RMS		3,358	
Rata-rata RMS		0,160	

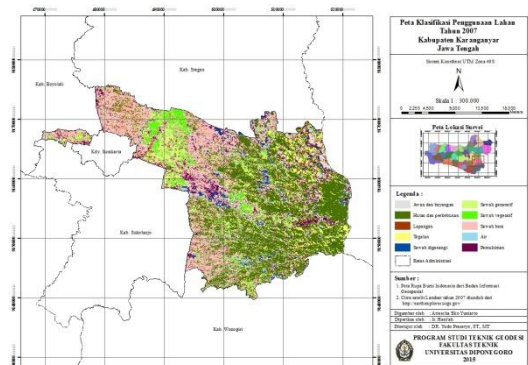
3.2. Klasifikasi lahan sawah

Klasifikasi terbimbing dilakukan secara otomatis oleh perangkat pengolahan data penginderaan jauh dengan menggunakan nilai piksel citra sebagai acuan dalam klasifikasinya. Pada penelitian ini, klasifikasi dilakukan menggunakan kombinasi kanal 543 dibagi dalam 10 kelas yaitu sawah bera, sawah digenangi, sawah generatif, sawah vegetatif, awan dan bayangan, hutan dan perkebunan, tegalan, pemukiman, dan air. Pemilihan kelas tersebut mengacu pada

penelitian yang dilakukan oleh Wahyunto dkk. (2004) yang menggunakan kombinasi kanal 5, 4, dan 3 dengan hasil akurasi keseluruhan sebesar 94,9 %. Hasil klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 serta luas masing-masing kelas penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.



Gambar 2.. Peta Penggunaan Lahan di Kabupaten Karanganyar Tahun 2007 Berdasarkan Klasifikasi Terbimbing



Gambar 3. Peta Penggunaan Lahan di Kabupaten Karanganyar Tahun 2009 Berdasarkan Klasifikasi Terbimbing

Tabel 4. Luas penggunaan lahan tahun 2007 hasil klasifikasi terbimbing

No.	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Awan dan bayangan	1441,122	1,797
2	Hutan dan perkebunan	21312,595	26,572
3	Lapangan	9572,074	11,934
4	Tegalan	8232,156	10,264
5	Sawah digenangi	601,335	0,750
6	Sawah generatif	2837,024	3,537
7	Sawah vegetatif	16892,471	21,061
8	Sawah bera	13128,118	16,368
9	Air	606,965	0,757
10	Pemukiman	5583,911	6,962

Jumlah		80207,771	100
Tabel 5. Luas penggunaan lahan tahun 2007 hasil klasifikasi terbimbing			
No.	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Awan dan bayangan	6734,624	8,396
2	Hutan dan perkebunan	25865,821	32,249
3	Lapangan	2996,465	3,736
4	Tegalan	5136,705	6,404
5	Sawah digenangi	2297,986	2,865
6	Sawah generatif	4605,791	5,742
7	Sawah vegetatif	5327,063	6,642
8	Sawah bera	22331,457	27,842
9	Air	153,860	0,192
10	Pemukiman	4758,000	5,932
Jumlah		80207,771	100

Dari hasil klasifikasi yang telah dilakukan dapat diketahui luas masing-masing penggunaan lahan. Luas penggunaan lahan hasil klasifikasi merupakan hasil kali jumlah piksel dengan ukuran satu piksel untuk citra Landsat yaitu 900 m². Luas lahan sawah keseluruhan adalah total luas sawah bera, sawah digenangi, sawah vegetatif, dan sawah generatif. Pada tahun 2007 luas lahan sawah berdasarkan klasifikasi adalah 33.458.9475 Ha, sedangkan pada tahun 2009 sebesar 34.562.2960 Ha.

Ketelitian klasifikasi secara menyeluruh (*overall accuracy*) yaitu sebesar 98,971 % pada hasil

klasifikasi citra tahun 2007 dan sebesar 98,693 % pada tahun 2009, dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Nilai akurasi tersebut merupakan hasil bagi antara piksel-piksel yang terklasifikasi secara tepat (pada posisi diagonal) dengan jumlah total piksel yang terlibat. Ketelitian analisis dibuat dalam beberapa kelas X yang dihitung dengan rumus 1 (Sutanto 1994, dalam Wahyunto dkk. 2004) sebagai berikut :

$$MA = \frac{X_{cr}}{X_{cr} + X_o + X_{co}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

MA = Ketelitian pemetaan (*mapping accuracy*)

X_{cr} = Jumlah piksel kelas yang benar

X_o = Jumlah kelas X yang masuk ke kelas lain
(omisi)

X_{co} = Jumlah kelas X tambahan dari kelas lain
(komisi)

Pada hasil klasifikasi dilakukan pengecekan di lapangan dengan hasil seperti pada Tabel 8. Di beberapa lokasi validasi yang diambil terdapat perbedaan penggunaan lahan karena ketelitian klasifikasi tidak mencapai nilai 100 %. Selain itu, waktu pelaksanaan validasi lapangan berbeda dengan waktu yang dilakukan penelitian dimana objek yang diteliti adalah pada tahun 2007 dan 2009 sedangkan validasi dilakukan pada tahun 2014 – 2015.

Tabel 6. Ketelitian Klasifikasi Citra Landsat Tahun 2007

Tutupan Lahan	Awan dan bayangan	Hutan dan perkebunan	Lapangan	Tegalan	Sawah digenangi	Sawah generatif	Sawah vegetatif	Sawah bera	Air	Pemukiman	Total	Commission (%)
Awan dan bayangan	5973	0	0	0	0	0	0	0	24	0	5997	0,400
Hutan dan perkebunan	0	6537	0	0	0	0	0	0	0	0	6537	0
Lapangan	0	0	801	0	0	0	0	11	0	0	812	1,355
Tegalan	0	0	0	1552	0	0	0	0	0	0	1552	0
Sawah digenangi	0	0	0	0	1750	0	0	0	24	0	1774	1,353
Sawah generatif	0	0	0	29	0	1813	0	0	0	0	1842	1,574
Sawah vegetatif	0	0	0	0	0	0	1935	0	0	0	1935	0
Sawah bera	0	0	11	0	0	0	0	3187	0	1	3199	0,375
Air	254	0	0	0	0	0	0	0	8491	0	8745	2,905
Pemukiman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1999	1999	0
Total	6227	6537	812	1581	1750	1813	1935	3198	8539	2000	34392	
Omission (%)	4,079	0	1,355	1,834	0	0	0	0,344	0,562	0,050		
Overall accuracy (%)	98,971											
Koefisien kappa	0,988											

Tabel 7. Ketelitian Klasifikasi Citra Landsat Tahun 2009

Tutupan Lahan	Awan dan bayangan	Hutan dan perkebunan	Lapangan	Tegalan	Sawah digenangi	Sawah generatif	Sawah vegetatif	Sawah bera	Air	Pemukiman	Total	Commission (%)
Awan dan bayangan	10488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10488	0
Hutan dan perkebunan	28	8141	0	0	0	0	0	0	0	0	8169	0,343
Lapangan	198	0	623	0	0	0	0	48	0	0	869	28,308
Tegalan	0	0	0	1255	0	57	0	0	0	0	1312	4,345
Sawah digenangi	0	0	0	0	1776	0	0	0	125	0	1901	6,575
Sawah generatif	0	0	0	0	0	1905	0	0	0	0	1905	0
Sawah vegetatif	0	0	0	0	0	0	1494	0	0	0	1494	0
Sawah bera	0	0	3	0	0	0	0	2026	0	0	2029	0,148
Air	0	0	0	0	0	0	0	0	9461	0	9461	0
Pemukiman	0	0	0	0	0	0	0	0	55	1651	1706	3,224
Total	10714	8141	626	1255	1776	1962	1494	2074	9641	1651	39334	
Omission (%)	2,109	0	0,479	0	0	2,905	0	2,314	1,867	0		
Overall accuracy (%)	98,693											
Koefisien kappa	0,984											

Tabel 8. Validasi hasil klasifikasi terbimbing

No.	Penggunaan Lahan Hasil Klasifikasi		Koordinat UTM	
	Tahun 2007	Tahun 2009	Lintang	Bujur
1	Sawah Vegetatif	Sawah Generatif	7 ° 36 ' 50 " LS	110 ° 57 ' 11 " BT
2	Lapangan	Sawah Vegetatif	7 ° 35 ' 52 " LS	110 ° 55 ' 4 " BT
3	Hutan dan perkebunan	Hutan dan perkebunan	7 ° 34 ' 38 " LS	110 ° 53 ' 57 " BT
4	Pemukiman	Pemukiman	7 ° 36 ' 19 " LS	111 ° 4 ' 10 " BT
5	Hutan dan perkebunan	Hutan dan perkebunan	7 ° 34 ' 55 " LS	110 ° 59 ' 37 " BT
6	Hutan dan perkebunan	Hutan dan perkebunan	7 ° 35 ' 37 " LS	111 ° 6 ' 11 " BT
7	Air	Air	7 ° 36 ' 47 " LS	110 ° 56 ' 16 " BT

3.3. Transformasi indeks vegetasi

Transformasi indeks vegetasi menggunakan algoritma indeks vegetasi NDVI dan LSWI yang dapat dilihat pada rumus 2 dan rumus 3 (Huete dkk., 1997 dalam Xiangming Xiaoa dkk., 2009) sebagai berikut :

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

ρ_{nir} = kanal4 pada citra Landsat

ρ_{red} = kanal3 pada citra Landsat

$$LSWI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{swir}}{\rho_{nir} + \rho_{swir}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

ρ_{nir} = kanal4 pada citra Landsat

ρ_{swir} = kanal5 pada citra Landsat

Hasil transformasi NDVI menunjukkan nilai antara -1 hingga 0,805 pada tahun 2007 dan -0,841 hingga 0,929 pada tahun 2009. Sedangkan berdasarkan algoritma LSWI didapatkan rentang nilai pada tahun 2007 antara -1 hingga 1 dan -0,823 hingga 0,808 di tahun 2009. Apabila hasil transformasi tersebut dibatasi hanya pada lahan sawah maka rentang nilai indeksnya akan berubah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 9. Rentang nilai hasil transformasi indeks vegetasi di kabupaten Karanganyar

Tahun	Metode	Nilai Pikel
2007	NDVI	-1 - 0,805
2007	LSWI	-1 - 1
2009	NDVI	-0,841 - 0,929
2009	LSWI	-0,823 - 0,808

Tabel 10. Rentang nilai hasil transformasi indeks vegetasi pada lahan sawah

Tahun	Metode	Fase	Nilai Pikel	Rata-rata
2007	NDVI	Sawah digenangi	-0,240 - 0,475	0,001
		Sawah vegetatif	-0,080 - 0,766	0,043
		Sawah generatif	0,000 - 0,802	0,010
		Sawah bera	-0,169 - 0,705	0,022
	LSWI	Sawah digenangi	-0,558 - 0,879	0,001
		Sawah vegetatif	-0,197 - 0,517	0,018
		Sawah generatif	0,000 - 0,417	0,005
		Sawah bera	-0,353 - 0,454	0,002
2009	NDVI	Sawah digenangi	-0,640 - 0,679	-0,001
		Sawah vegetatif	0,000 - 0,361	0,004
		Sawah generatif	0,000 - 0,453	0,007
		Sawah bera	-0,561 - 0,808	0,005
	LSWI	Sawah digenangi	-0,290 - 0,857	0,002
		Sawah vegetatif	0,000 - 0,418	0,004
		Sawah generatif	0,000 - 0,519	0,005
		Sawah bera	-0,532 - 0,505	0,000

3.4. Analisis produktivitas padi

Nilai produksi padi didapatkan dari hasil kali luas lahan sawah dan produktivitas padi. Luas lahan sawah pada penelitian ini dapat diketahui dari hasil klasifikasi penggunaan lahan yang telah dilakukan sedangkan nilai produktivitas tanaman padi diperoleh dari pengolahan data ubinan hasil survei lapangan. Nilai ubinan sendiri merupakan berat total padi dari hasil panen atau sampel seluas $2,5 \times 2,5$ meter. Padi pada sampel tersebut kemudian dipotong, dirontokkan, dan ditimbang (Said dkk., 2015). Nilai ubinan terendah hasil survei lapangan adalah 3,594 kg pada kecamatan Tawangmangu sedangkan nilai ubinan tertinggi diperoleh di kecamatan Kebakramat dengan sebesar 5,787 kg. Nilai ubinan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 11.

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. Untuk perhitungan nilai GKP dan GKG dapat dilihat pada rumus 4 dan 5 (Said dkk. 2015) sedangkan hasil perhitungan produktivitas padi dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

$$GKP = Ur \times 16 \dots\dots\dots (4)$$

$$GKG = GKP \times 0,86 \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

GKP = Gabah kering panen (kw/ha)

GKG = Gabah kering giling (kw/ha)

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

Tabel 11. Nilai ubinan hasil survei lapangan

No	Koordinat UTM		Nilai Ubinan (Kg)
	Lintang	Bujur	
1	7 ° 37 ' 26 " LS	110 ° 59 ' 9 " BT	4,821
2	7 ° 32 ' 16 " LS	110 ° 43 ' 55 " BT	4,348
3	7 ° 35 ' 41 " LS	110 ° 58 ' 15 " BT	5,363
4	7 ° 45 ' 3 " LS	111 ° 0 ' 43 " BT	4,464
5	7 ° 36 ' 39 " LS	110 ° 56 ' 45 " BT	5,625
6	7 ° 40 ' 22 " LS	110 ° 57 ' 3 " BT	4,688
7	7 ° 40 ' 47 " LS	110 ° 59 ' 2 " BT	5,208
8	7 ° 34 ' 26 " LS	111 ° 1 ' 4 " BT	5,417
9	7 ° 34 ' 37 " LS	111 ° 1 ' 44 " BT	4,688
10	7 ° 36 ' 36 " LS	111 ° 4 ' 51 " BT	5,078
11	7 ° 39 ' 10 " LS	111 ° 6 ' 3 " BT	4,688
12	7 ° 38 ' 31 " LS	111 ° 2 ' 31 " BT	5,114
13	7 ° 42 ' 21 " LS	111 ° 0 ' 7 " BT	4,167
14	7 ° 43 ' 11 " LS	111 ° 4 ' 4 " BT	4,167
15	7 ° 37 ' 29 " LS	111 ° 1 ' 8 " BT	4,228
16	7 ° 37 ' 37 " LS	111 ° 0 ' 7 " BT	4,360
17	7 ° 36 ' 36 " LS	111 ° 5 ' 13 " BT	4,412
18	7 ° 30 ' 53 " LS	110 ° 50 ' 52 " BT	4,167
19	7 ° 31 ' 33 " LS	110 ° 53 ' 13 " BT	5,787
20	7 ° 39 ' 54 " LS	111 ° 6 ' 14 " BT	3,594
21	7 ° 33 ' 50 " LS	110 ° 54 ' 0 " BT	5,469
22	7 ° 32 ' 34 " LS	111 ° 3 ' 10 " BT	4,861
23	7 ° 34 ' 37 " LS	110 ° 57 ' 0 " BT	5,114
Nilai ubinan terendah			3,594
Nilai ubinan tertinggi			5,787
Rata-rata			4,775

Tabel 12. Hasil perhitungan produktivitas tanaman padi

No	Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Gabah Kering Panen (GKP)	76,400	Kwt/Ha
2	Gabah Kering Giling (GKG)	65,704	Kwt/Ha

Tabel 13. Hasil perhitungan produksi tanaman padi

Tahun	Produksi Padi (Ton)	Data Produksi Padi Dinas Pertanian (Ton)	Simpangan (Ton/Ha)
2007	219839,256	246033	0,783
2009	227088,717	281234	1,567

3.5. Uji statistik

Uji statistik pada penelitian ini digunakan untuk memecahkan masalah analisis statistik yaitu

apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai indeks vegetasi NDVI dan LSWI, serta bagaimana korelasinya. Berdasarkan permasalahan tersebut kemudian disusun sebuah hipotesis sebagai berikut :

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai indeks vegetasi NDVI dan LSWI.

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai indeks vegetasi NDVI dan LSWI.

Berdasarkan hasil perhitungan statistik pada tabel 14 terlihat angka koefisien korelasi Pearson sebesar .789**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa besar korelasi antara variabel nilai NDVI dan LSWI adalah sebesar 0,789 atau memiliki korelasi yang kuat berdasarkan kriteria Sarwono, dkk. (2012). Arah korelasi dilihat dari angka koefisien korelasinya. Hasil uji statistik menunjukkan angka koefisien korelasi hasilnya positif yaitu 0,789 maka korelasi kedua variabel bersifat searah. Kedua variabel memiliki hubungan yang signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 atau tidak lebih dari 0,05.

Tabel 14. Korelasi nilai indeks vegetasi NDVI dan LSWI

<i>Correlations</i>		
	Nilai NDVI	Nilai LSWI
Nilai NDVI <i>Pearson Correlation</i>	1	.789**
<i>Sig. (2-tailed)</i>		.000
N	24	24
Nilai LSWI <i>Pearson Correlation</i>	.789**	1
<i>Sig. (2-tailed)</i>	.000	
N	24	24

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Untuk melihat apakah nilai NDVI dan LSWI memiliki perbedaan yang signifikan dapat dilakukan dengan membandingkan nilai t hitung pada tabel 15 dengan nilai t tabel. Nilai t hitung dihitung dengan ketentuan bahwa tingkat signifikansi sebesar 0,05 dan jumlah data 24, maka diperoleh nilai t tabel adalah 2,069 seperti tabel 16.. Berdasarkan hasil pengujian maka nilai t hitung sebesar 3,282 terdapat pada daerah penolakan atau t hitung > t tabel, sehingga H_0 ditolak dengan kata lain bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam penggunaan metode NDVI dan LSWI dalam pemanfaatannya untuk analisis produktivitas padi.

Tabel 15. Uji signifikansi nilai indeks vegetasi NDVI dan LSWI

<i>Paired Samples Test</i>			
			Pair 1
			Nilai NDVI - Nilai LSWI
<i>Paired Differences</i>	<i>Mean</i>		.106083
	<i>Std. Deviation</i>		.158328
	<i>Std. Error Mean</i>		.032319
	<i>95% Confidence Interval of the Difference</i>	<i>Lower</i>	.039227
		<i>Upper</i>	.172940
t			3.282
df			23
<i>Sig. (2-tailed)</i>			.003

Tabel 16. Nilai distribusi t (Tutorial Penelitian, 2013)

df	0,25	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	1,000	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657
2	0,817	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,765	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,741	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,727	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,718	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,711	1,415	1,895	2,355	2,998	3,499
8	0,706	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	0,703	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	0,700	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,697	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,695	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	0,694	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,692	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,691	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,690	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	0,689	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,688	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,688	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,687	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	0,686	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	0,686	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	0,685	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	0,685	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	0,684	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	0,684	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	0,684	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	0,683	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	0,683	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	0,683	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
35	0,682	1,306	1,690	2,030	2,438	2,724
40	0,681	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704

4. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan transformasi indeks vegetasi yang telah dilakukan maka diperoleh persebaran nilai NDVI dan LSWI di kabupaten Karanganyar sebagai berikut :

- a. Pada tahun 2007 rentang nilai NDVI di kabupaten Karanganyar adalah -1 hingga 0,805 sedangkan dengan metode LSWI dari -1 hingga 1. Pada tahun 2009 metode NDVI menghasilkan nilai dari -0,841 hingga 0,928 dan dengan metode LSWI dari -0,823 hingga 0,808.
- b. Pada kelas lahan sawah nilai NDVI tahun 2007 adalah -0,240 hingga 0,802 sedangkan dengan metode LSWI dari -0,558 hingga 0,879. Pada tahun 2009 metode NDVI menghasilkan nilai dari -0,640 hingga 0,808 dan dengan metode LSWI menghasilkan nilai dari -0,532 hingga 0,857.
2. Nilai produksi padi kabupaten Karanganyar berdasarkan hasil penelitian pada tahun 2007 sebesar 219.839,256 ton sedangkan pada tahun 2009 sebesar 227.088,717 ton.
3. Metode NDVI dan LSWI memiliki korelasi yang kuat dalam penggunaannya untuk analisis produktivitas padidengan arah korelasi searah, sedangkan nilai kedua variabel tersebut memiliki perbedaan yang signifikan pada tingkat signifikansi sebesar 0,05.

5. Daftar Pustaka

- Danoedoro, P. (2012) : *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Hafizh, A.S., Cahyono, A.B., dan Wibowo, A. (2013) : *Penggunaan Algoritma NDVI dan EVI pada Citra Multispektral Untuk Analisa Pertumbuhan Padi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Uchida, S. (2009) : Identification of Seasonal Features of Crop Planting, *Enhancement of Remote Sensing and GIS Technologies for Sustainable Utilization of Argricultural Resources in Indonesia*, 1, 104-119. ICALRD-JIRCAS. Bogor.
- Wahyunto, Murdiyati, S.R., dan Ritung, S. (2004) : Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya Untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah dan Penggunaan/Penutupan Lahan, *Informatika Pertanian*, 15, 853-869. Departemen Pertanian. Bogor.
- Wahyunto, Widagdo dan Heryanto, B. (2006) : Pendugaan Produktivitas Tanaman Padi Sawah Melalui Analisis Citra Satelit, *Informatika Pertanian*, 13, 745-769. Departemen Pertanian. Bogor.
- Witoko, A., Suprayogi, A., dan Subiyanto, S. (2014) : *Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Hutan Jati Dengan Metode Indeks Vegetasi NDVI*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Xiao, X., Boles, S., Liu, J., Zhuang, D., Liu, M., Zhuang, D., Frolking, S., Li, C., Salas, W.,

dan Moore, B. (2005) : Mapping Paddy Rice Agriculture In Southern China Using Multi-Temporal MODIS Images, *Remote Sensing of Environment*, 95, 480-492.

Pustaka dari Situs Internet :

- USGS. (1879) : Citra Landsat Tahun 2007 dan 2009, <http://earthexplorer.usgs.gov>. Diunduh pada 8 Oktober 2014.
- Tutorial Penelitian. (2013) : Tabel Distribusi t, <http://tu.laporanpenelitian.com/2013/08/1.html>. Diunduh pada 22 Maret 2015.