

**ANALISIS PERBANDINGAN IDENTIFIKASI KEKERINGAN LAHAN SAWAH METODE *DROUGHT INDEX* DAN *VEGETATION INDEX* PADA CITRA LANDSAT 8 (Studi Kasus : Kabupaten Kendal, Jawa Tengah)**

Anggi Karismawati, Abdi Sukmono, Bandi Sasmito<sup>\*)</sup>

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
 Email : [Karismawati25@gmail.com](mailto:Karismawati25@gmail.com)

**ABSTRAK**

Kabupaten Kendal merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Tengah yang sebagian dari wilayahnya adalah pertanian atau sawah. Pada bulan Agustus 2018, di wilayah Kabupaten Kendal telah terjadi kekeringan yang menyebabkan lahan pertanian khususnya padi di wilayah tersebut terancam mengalami kerugian atau gagal panen. Hal tersebut disebabkan seiring terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim yang tidak menentu. Akan tetapi hal tersebut dapat diminimalkan dampaknya jika mengetahui pola kekeringan dapat diketahui. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan menggunakan aplikasi penginderaan jauh dengan cara memantau kekeringan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penelitian ini mencari metode yang terbaik dalam penentuan lahan kekeringan yang akan menggunakan 4 algoritma kekeringan yaitu pengolahan dengan algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*), VHI (*Vegetation Health Index*), TVI (*Temperature Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) dari citra Landsat dari tahun 2014,2015,2016,2017,dan 2018 dengan validasi bulan Agustus 2017 dan 2018. Berdasarkan hasil RMSE pengolahan validasi maka diperoleh tingkat akurasi dari keempat algoritma tersebut dan dapat disimpulkan bahwa metode yang lebih akurat digunakan dalam mengidentifikasi kekeringan lahan sawah di Kabupaten Kendal yaitu metode VHI yaitu dengan RMSE sebesar 0,949 tahun 2017 dan 1,373 ditahun 2018.

**Kata Kunci:** Penginderaan Jauh, NDDI, VHI,TVI, LSWI

**ABSTRACT**

*Kendal Regency is one of the regencies in Central Java where a part of its territory is agriculture or rice fields. In August 2018, in the Kendal Regency, a drought had occurred which caused agricultural land, especially rice in the region, to be threatened with loss or crop failure. That is caused by the occurrence of global warming and climate change that is uncertain. However, the impact can be minimized if you know the drought pattern can be known. One of the methods used is by using a remote sensing application by monitoring drought by using remote sensing technology. This research is looking for the best method in determining drought land that will use 4 drought algorithms, namely processing with NDDI (Normalized Difference Drought Index), VHI (Vegetation Health Index), TVI (Temperature Vegetation Index) and LSWI (Land Surface Water Index) from Landsat imagery from 2014,2015,2016,2017 and 2018 with validation in August 2017 and 2018. Based on the results of RMSE validation processing, the accuracy of the four algorithms is obtained and it can be concluded that a more accurate method is used in identifying drought in paddy fields in Kendal Regency is the VHI method that is with RMSE of 0.949 in 2017 and 1,373 in 2018.*

**Keywords:** Remote Sensing, NDDI, VHI,TVI, TVDI

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor ekonomi yang sangat penting di Indonesia.. Sebagai negara agraris yang berkembang, sebagian besar masyarakat Indonesia hidup dari sektor ini. Wilayah iklim tropis di Indonesia sangat mendukung berbagai komoditas pertanian untuk tumbuh baik di Indonesia, khususnya tanaman padi. Namun, seiring terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim yang tidak menentu menyebabkan sering terjadinya bencana alam kekeringan di lahan pertanian. Bencana kekeringan ini dapat menyebabkan komoditas pertanian gagal panen atau puso. Akibatnya bisa mengganggu stabilitas ketahanan pangan masyarakat Indonesia. Kekeringan merupakan salah satu proses iklim yang sering terjadi dan dapat memberikan dampak negatif serta berpengaruh langsung terhadap aktifitas makhluk hidup (Khairullah,2018).

Kendal merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang sering mengalami bencana kekeringan lahan pertanian, kejadian kekeringan terjadi pada tahun 2018, berdasarkan data pada tanggal 22 Agustus tercatat sebanyak 15 desa di lima kecamatan yang mengalami kekeringan dan tanah telah mengalami retak-retak. Kekeringan tersebut melanda lahan sawah baik untuk tanaman padi dan palawija mengakibatkan tanaman layu serta terancam gagal panen, kekeringan tersebut dikarenakan saluran irigasi sudah mengering serta suhu cuaca yang sangat panas (Priyatin, 2018).

Bencana kekeringan memang sulit untuk dihindari akan tetapi dapat dilakukan pencegahan dengan meminimalkan dampak dari potensi kekeringan lahan pertanian yang dipantau sebelumnya. Adapun cara untuk memantau kekeringan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Cara pengidentifikasian kekeringan lahan sawah menggunakan penginderaan jauh yaitu menggunakan citra Landsat 8 dengan resolusi 30 m x 30 m yang diolah dengan mengkoreksi radiometrik tiap *band* serta menggunakan 4 algoritma untuk perbandingan kekeringan yaitu algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*),VHI (*Vegetation Health Index*) ,TVI (*Temperature Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) yang diolah dengan menggunakan *software* ENVI 5.1. Penelitian ini mengacu dari penelitian terdahulu yaitu NDDI dari penelitian Pramesto (2019) yang menjelaskan tentang perbandingan akurasi antara metode NDDI dan TVI, pada pengolahan TVI mengacu dari penelitian Monica Nilasari (Geodesi Undip) yang membahas tentang kesesuaian hasil kekeringan menggunakan metode TVI dengan data dilapangan, untuk VHI mengacu dari

penelitian Amalo (2016) yang menjelaskan tentang bagaimana karakteristik hasil dari pengolahan kekeringan lahan sawah menggunakan metode *Vegetation Health Index*, sedangkan untuk LSWI penelitian ini mengacu dari penelitian Wahyuni (2017) yang menjelaskan tentang bagaimana karakteristik dari indeks vegetasi LSWI dengan NDVI untuk kekeringan lahan sawah terutama pada musim panen. Jadi dengan menggunakan 4 algoritma tersebut dapat diaplikasikan dan memantau kekeringan yang berkesinambungan serta diharapkan dapat membantu pemerintah Kabupaten Kendal untuk mitigasi daerah yang mengalami kekeringan. Penelitian ini kami membandingkan algoritma yang paling efektif dalam penentuan indeks kekeringan yang baik digunakan dalam identifikasi kekeringan.

### I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*), VHI (*Vegetation Health Index*),TVI (*Temperature Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*) dalam kekeringan lahan sawah di Kabupaten Kendal ?
2. Bagaimana hasil kekeringan sawah di wilayah Kabupaten Kendal?

### I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan algoritma yang lebih baik dalam mengidentifikasi kekeringan lahan sawah yang terjadi di Kabupaten Kendal diantara 4 algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*), VHI (*Vegetation Health Index*),TVI (*Temperature Vegetation Index*) dan LSWI (*Land Surface Water Index*).
2. Mengetahui persebaran wilayah kekeringan lahan sawah yang terjadi di Kabupaten Kendal.

### I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah penelitian berada di Kabupaten Kendal, Jawa Tengah yang terletak pada posisi 109° 40' 00"-110° 18' 00' Bujur Timur dan 6° 32' 00"-7° 24' 00" Lintang Selatan.
2. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### a. Hardware

- i. Lenovo Intel ® AMD A9 Ideapad 320-14AST, Sistem Operasi *Windows 10 home single language 64-bit*, Processor ,RAM 4 MB untuk pengolahan dan pembuatan laporan

- b. *Software*
  - i. Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel 2016) untuk pengolahan data dan penyusunan Tugas Akhir.
  - ii. ENVI Classic untuk pengolahan citra satelit
  - iii. ArcGIS versi 10.4.1 untuk pembuatan peta yang akan dihasilkan
- 3. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
  - a. Citra Landsat 8 OLI/TIRS C1 level-1 pada tahun 2014-2018 bulan Juli, Agustus dan September, Citra Landsat 8 dapat diunduh melalui *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/>
  - b. Peta RBI skala 1:25000 untuk melakukan uji geometrik citra. Peta RBI dapat diunduh melalui *website* <http://tanahair.indonesia.go.id>
  - c. Peta Batas Administrasi Kabupaten Kendal (Sumber : BAPPEDA)
  - d. Data sekunder berupa titik koordinat dari penelitian sebelumnya.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Kekeringan Lahan Pertanian**

Kekeringan merupakan keadaan dimana terjadi kekurangan curah hujan yang cukup besar dan berlangsung lama yang dapat mempengaruhi berbagai kehidupan tanaman dan hewan di suatu daerah yang menyebabkan kekurangan keperluan hidup sehari-hari termasuk untuk kehidupan tanaman. Kekeringan lahan pertanian terjadi jika intensitas hujan tersebut tidak merata dan menyimpang dari keadaan normal (American Meteorologi Society, 1997 di kutip dalam Nilasari, 2017).

**II.2 Sawah**

Pengertian sawah adalah lahan pertanian yang berpetak-petak dan dibatasi oleh yaitu pematang (galengan), saluran untuk menahan atau menyalurkan air, yang biasanya ditanami padi sawah tanpa memandang dari mana diperoleh status lahan tersebut (DosenPertanian, 2018). Sawah di Indonesia umumnya dibedakan menjadi 4 macam sebagai berikut (Dwi, 2017):

1. Sawah irigasi
2. Sawah tadah hujan
3. Sawah pasang surut tergantung pada keadaan air permukaan yang dipengaruhi oleh kondisi pasang surutnya air sungai
4. Sawah lebak

**II.3 Algoritma Normalized Difference Drought Index (NDDI)**

Transformasi NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) digunakan untuk mengetahui kekeringan pada lahan pertanian (Sukmono.A,2017).

Nilai indeks dari NDDI merupakan hasil kombinasi dari algoritma NDWI dan NDVI. NDVI mengukur reflektansi yang terlihat dan dekat-inframerah dari kanopi vegetasi untuk merepresentasikan kekuatan (kesehatan, kehijauan) vegetasi (Koc dkk., 2017). NDWI menekankan pada kebasahan vegetasi (Gu dkk,2007).

$$NDDI = \frac{(NDVI-NDWI)}{(NDVI+NDWI)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

*NDDI* = *Normalized Difference Drought Index*

*NDVI* = *Normalized Difference Vegetation Index*

*NDWI* = *Normalized Difference Water Index*

**II.4 Algoritma Thermal Vegetation Index (TVI)**

*Temperature Vegetation Index* merupakan rasio antar nilai EVI (*Enhanced Vegetation Index*) dan LST (*Land Surface Temperature*) untuk mendapatkan indeks kekeringan yang merupakan gambaran kondisi kekeringan tanaman padi di sawah yang nantinya akan digunakan untuk menganalisis kekeringan. Pada umumnya hubungan keduanya adalah kebalikan yaitu kenalikan LST disertai penurunan EVI atau sebaliknya (Dirgahayu, 2006 dalam Nilasari, 2017).

$$TVI = LST/EVI \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

*TVI* = *Thermal Vegetation Index*

*LST* = *Land Surface Temperature*

*EVI* = *Enhanced Vegetation Index*

**II.5 Algoritma Vegetation Health Index (VHI)**

VHI merupakan kombinasi informasi kondisi vegetasi yang diperoleh dari algoritma VCI dan TCI. Indeks VCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang (*multi-year*) EVI. Sedangkan indeks TCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang (*multi-year*) LST (Amalo, 2016).

$$VHI = aVCI + bTCI \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

A,b = Koefisien kontribusi VCI dan TCI (0,5)

*VHI* = *Vegetation Health Index*

*VCI* = *Vegetation Condition Index* (rumus EVI *multi-year*)

*TCI* = *Temperature Condition Index* (rumus LST *multi-year*)

**II.6 Algoritma Land Surface Water Index (LSWI)**

*LSWI (Land Surface Water Index)* adalah kombinasi *linear* dari *band* NIR dan SWIR, perhitungan berdasarkan pendekatan skalar air (Xiao et al., 2005 dalam Dangwal. N, 2014). Indeks ini memiliki nilai kisaran 0 hingga 1. Dimana 0 menandakan tanaman tidak stres dan 1 menandakan tanaman stres berat. Indeks ini sensitif untuk jumlah

total cairan vegetasi dan juga untuk latar belakang tanah.

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

Keterangan:

LSWI = Land Surface Water Index

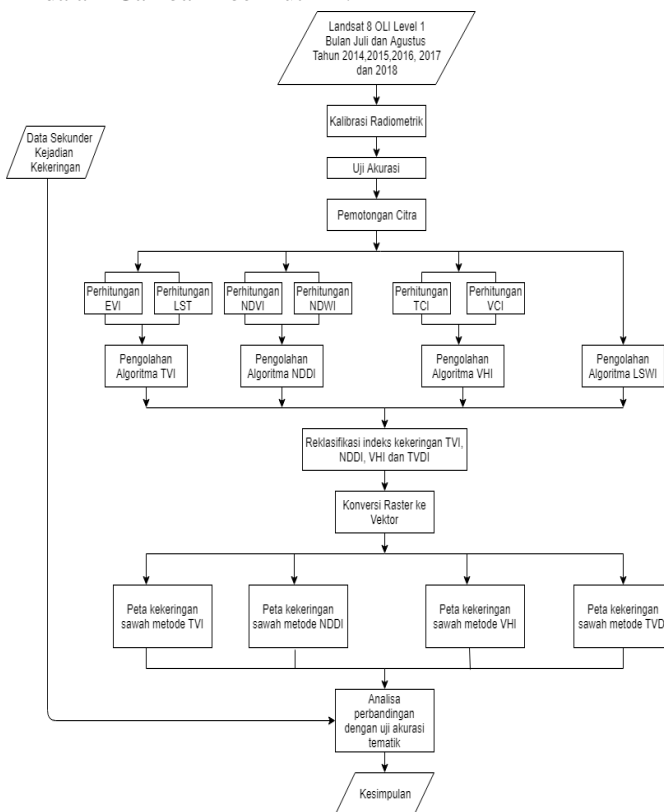
NIR = Band 5 pada citra Landsat 8 yang telah terkoreksi

SWIR = Band 7 pada citra Landsat 8 yang telah terkoreksi

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Pengolahan Data**

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 1 berikut ini :

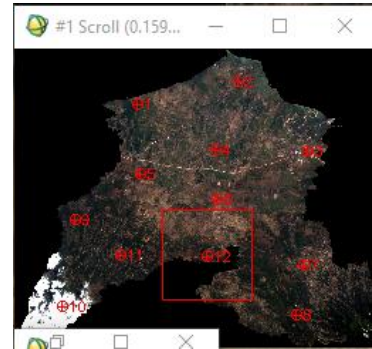


**Gambar 1** Diagram alir penelitian

**III.2 Alur Penelitian**

Pada penelitian ini dengan langkah dibagi menjadi tiga proses, yang terdiri dari:

1. Tahap persiapan
  - a. Melakukan studi literatur dan menetapkan lokasi penelitian
  - b. Pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini
2. Tahap pra pengolahan data
  - a. Uji akurasi koordinat pada Citra Landsat 8 dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2** Sebaran uji akurasi

- b. Kalibrasi radiometrik
- c. Cloud masking dan pemotongan citra
3. Tahap Pengolahan
  - b. Pengolahan index kekeringan NDDI, TVI, VHI dan LSWI
4. Tahap analisis
 

Tahap analisis hasil pada penelitian ini antara lain:

  - a. Melakukan verifikasi terlebih dahulu dari data koordinat yang sudah didapatkan dengan mendapatkan pendapat dari orang yang sudah ahli, setelah itu mencari nilai eror dari ke empat indeks NDDI, TVI, VHI dan LSWI.
  - b. Mencari luas kekeringan perkecamatan
  - c. Melakukan analisa hasil dari RMSE ke empat indeks kekeringan untuk mendapatkan indeks yang paling baik digunakan dalam mendeteksi kekeringan dan melakukan analisa per kelas kekeringan dari ke empat indeks kekeringan tersebut.

**IV. Hasil dan Pembahasan**

**IV.1 Uji Akurasi**

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui perbedaan ukuran lapangan dengan ukuran pada citra. Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan koordinat *Independent Control Point* (ICP) (Kurniawan,A.,2015 dalam Pramesto.V.,2019). Uji akurasi Geometrik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan 12 titik ICP. Ketelitian geometrik dapat dilihat pada RMSEr, dari nilai tersebut dapat diketahui kesalahan geometrik citra yang menunjukkan seberapa jauh titik koordinat tersebut bergeser dari koordinat yang seharusnya. Nilai RMSEr atau pergeseran tidak boleh melebihi 1 piksel yaitu 30 m untuk *band multispectral* sedangkan untuk *band thermal* 100 m, pada penelitian ini dilakukan uji akurasi dengan menggunakan peta RBI dan citra landsat dengan mengacu standard US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) pada (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial) PERKA BIG Nomor 15 tahun 2014 dengan pembaharuan PERKA BIG Nomor 6 Tahun 2018, pengujiannya dengan cara menghitung nilai CE90



(Circular Error 90). Hasil uji akurasi dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Hasil Uji Akurasi

ICP	Peta RBI		Citra		$(X_{RBI} - X_{Citra})^2$	$(Y_{RBI} - Y_{Citra})^2$	$(X_{RBI} - X_{Citra})^2 + (Y_{RBI} - Y_{Citra})^2$
	X	Y	X	Y			
ICP 1	397326.48	9236088.11	397305.00	9236125.00	461.390	1360.872	1822.263
ICP 2	410670.08	9239141.13	410685.00	9239135.00	222.606	37.577	260.183
ICP 3	419918.90	9229880.73	419925.00	9229885.00	37.210	18.233	55.443
ICP 4	407694.47	9230129.12	407685.00	9230145.00	89.681	252.174	341.855
ICP 5	397792.03	9226904.13	397786.00	9226855.00	36.361	2413.757	2450.118
ICP 6	407956.70	9223547.21	407985.00	9223535.00	800.890	149.084	949.974
ICP 7	419410.73	9214848.77	419405.00	9214855.00	32.833	38.813	71.646
ICP 8	418398.12	9208157.95	418425.00	9208165.00	722.534	49.703	772.237
ICP 9	388966.27	9220916.43	388975.00	9220915.00	76.213	2.045	78.258
ICP 10	387297.72	9209396.94	387315.00	9209385.00	298.598	142.564	441.162
ICP 11	395058.93	9216193.04	395055.00	9216175.00	15.445	325.442	340.886
ICP 12	406555.86	9215913.74	406545.00	9215935.00	117.940	451.988	569.927
					Jumlah		8153.952
					Rata-rata		679.496
					RMSEr		26.067
					Akurasi horizontal		39.557

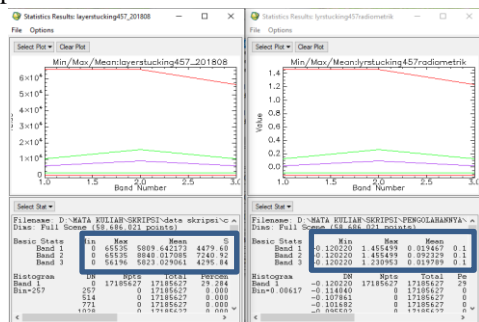
Berdasarkan hasil uji akurasi didapatkan nilai RMSEr sebesar 26,067 pada Tabel 1. Mengacu pada US NMAS (United States National Map Accuracy Standards) yang telah dijelaskan sebelumnya dimana perhitungan CE90 (Circular Error 90) menghasilkan akurasi horizontal citra sebesar 39,557. Sehingga berdasarkan yang pembaharuab PERKA BIG Nomor 6 Tahun 2018 nilai akurasi horizontal tersebut memenuhi kategori standar peta RBI skala 1:100.000 kelas ke-2. Berikut adalah Tabel 2 ketelitian geometri peta RBI.

Tabel 2 Ketelitian Geometri Peta RBI (Perka BIG No 6 Tahun 2018)

No	Skala	Interval Kontur	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1(m)		Kelas 2(m)		Kelas 3(m)	
			Horizont al (CE90)	Vertikal (LE90)	Horizont al (CE90)	Vertikal (LE90)	Horizont al (CE90)	Vertikal (LE90)
1	1:1000000	400	300	200	600	300	900,0	400
2	1:500000	200	150	100	300	150	450,0	200
3	1:250000	100	75	50	150	75	225,0	100
4	1:100000	40	30	20	60	30	90,0	40
5	1:50000	20	15	10	30	15	45,0	20
6	1:25000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10000	4	3	2	6	3	9,0	4
8	1:5000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

IV.2 Kalibrasi Radiometrik

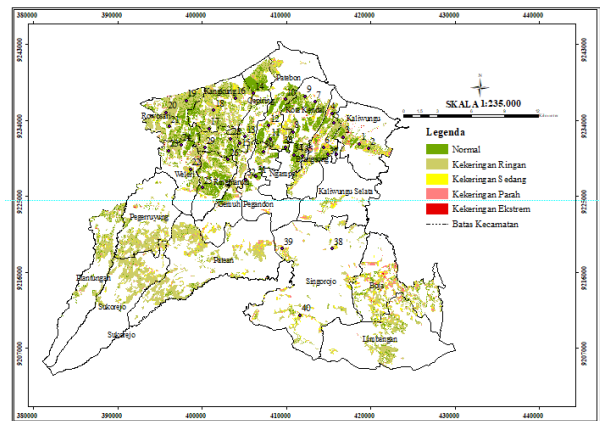
Pada penelitian ini, nilai DN dikonversi ke radian ToA dan Reflektan ToA. Hasil proses dapat dilihat pada Gambar 3.



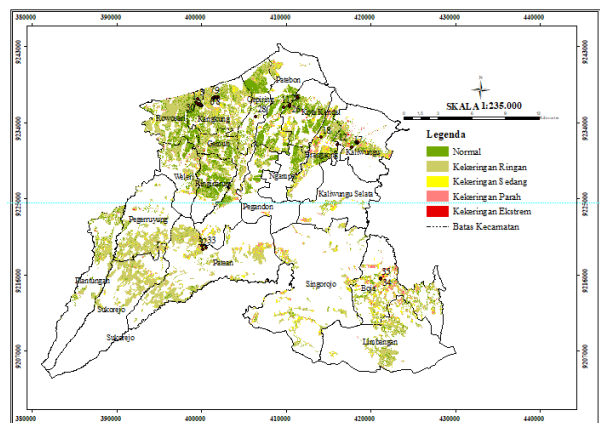
Gambar 3 Sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) kalibrasi radiometrik

IV.3 Verifikasi Titik Uji Validasi

Verifikasi lahan sawah dilakukan dengan menggunakan 40 titik pada tahun 2017 dan 35 titik untuk tahun 2018. Titik sampel diambil berdasarkan metode *sampling purposive*. Berikut sebaran titik verifikasi tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar 4 dan 2018 pada Gambar 5. Verifikasi dilakukan hanya menggunakan bulan Agustus.



Gambar 4 Persebaran titik tahun 2017



Gambar 5 Persebaran titik tahun 2018

IV.4 Analisa Kekeringan Lahan Pertanian Metode Terbaik di Kabupaten Kendal

Analisa metode terbaik kekeringan lahan sawah di Kabupaten Kendal pada bulan Agustus tahun 2017 dan 2018 dilakukan dengan cara menghitung RMSE dari ke-empat metode yaitu NDDI, TVI, VHI dan LSWI. Hasil RMSE setiap metode dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil RMSE setiap metode pada tahun 2017 (kiri) dan tahun 2018 (kanan)

No	Metode	RMSE Tingkat Kekeringan	No	Metode	RMSE Tingkat Kekeringan
1	VHI	0.949	1	VHI	1.373
2	TVI	1.628	2	TVI	1.384
3	NDDI	1.673	3	NDDI	2.138
4	LSWI	1.746	4	LSWI	2.813

Berdasarkan Tabel 3 hasil dari nilai RMSE terbaik secara umum bulan Agustus pada tahun 2017 dan 2018 adalah metode VHI (Vegetation Health

*Index*) hal itu karena menurut kajian Kogan (1995) kekeringan pertanian berhubungan dengan kesetimbangan air pada siklus tanaman. Dengan didukung rumus yang kompleks (*temporal/multi-year*) sesuai persamaan (3) dimana rumus TCI yang digunakan adalah LST. Sedangkan LST untuk daerah tropis merupakan indikator untuk mengetahui besarnya panas yang dikeluarkan oleh suatu permukaan berkaitan dengan proses evaporasi dan transpirasi sehingga didapatkan suhu permukaan (Yuliyanti,2014). Sedangkan VCI didapatkan dari rumus EVI. Oleh karena itu data indeks kekeringan yang menerangkan tentang variasi temporal dan spasial sangat cocok untuk monitoring kekeringan. Selain itu, secara tidak langsung TCI berhubungan dengan iklim dan curah hujan dan suhu udara yang terjadi pada wilayah tersebut, semakin tinggi nilai TCI maka semakin baik keadaan suhu lingkungan dari suatu tanaman. Sedangkan untuk VCI berhubungan dengan kesuburan suatu tanaman di daerah tersebut. Sehingga rumus VHI sangatlah kompleks dan sangat tepat digunakan sebagai pendeteksi kekeringan lahan sawah. Ditinjau dari segi karakteristik wilayah Kabupaten Kendal dikarenakan Kabupaten Kendal berada di pantai utara pulau Jawa sehingga memiliki suhu yang cukup tinggi (panas) pada daerah utara, serta seiring berkembangnya wilayah Kendal bagian utara telah dibangun kawasan industri sehingga meningkatkan suhu disekitar Kendal, maka dari itu metode VHI sangat baik untuk wilayah Kendal.

**IV.5 Analisis Akurasi Metode Kekeringan Setiap Kelas Kekeringan**

Analisis sebelumnya telah dibahas metode identifikasi kekeringan lahan sawah secara umum yang paling baik digunakan, dalam pembahasan analisis sekarang mengenai metode kekeringan setiap kelas.

**IV.5.1 Analisis Metode NDDI (*Normalized Difference Drought Index*)**

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengolahan NDDI pada tahun 2017 dan 2018 lebih bagus terdeteksi normal dan ringan, disebabkan pada pengolahan NDDI menggunakan perpaduan rumus NDVI dan NDWI yang merupakan indeks vegetasi atau metode ini menggunakan rumus yang tidak melibatkan suhu sama sekali hanya menggunakan *band 4 (Red)*, *band 5 (NIR)*, dan *band 7 (SWIR)* persamaan 1. Jika dilihat dari kondisi sawah lokasi Kendal para petani masih dapat melakukan pengairan sawah melalui sedot sungai disekitar sawah sehingga kekeringan banyak terdeteksi kelas ringan, untuk kelas sedang hingga sangat berat tidak terdeteksi secara maksimal dikarenakan hal tersebut.

**Tabel 4** RMSE perkelas metode NDDI 2017(kiri) dan 2018 (kanan)

No	Metode NDDI Agustus 2017			No	Metode NDDI Agustus 2018		
	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel		Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel
1	Normal	1.66	4	1	Normal	0.00	5
2	Ringan	0.83	16	2	Ringan	0.00	4
3	Sedang	1.89	14	3	Sedang	1.11	9
4	Berat	2.58	6	4	Berat	2.45	5
				5	Sangat Berat	3.15	12
Jumlah			40	Jumlah			35

**IV.5.2 Analisis Metode TVI (*Thermal Vegetatin Index*)**

Berdasarkan Tabel 5 kelas kekeringan berat dan sangat berat mempunyai nilai RMSE yang baik pada metode TVI (*Thermal Vegetation Index*) yaitu dikarenakan pada rumus TVI yang dapat dilihat pada persamaan 2 menggunakan faktor suhu dengan pengolahan LST yang melibatkan *band 10* dan *band 11*. LST berbanding terbalik dengan EVI karena semakin tinggi nilai LST atau semakin tinggi suhu permukaan maka semakin besar kemungkinan terjadi kekeringan, sebaliknya semakin rendah nilai LST atau semakin rendah suhu permukaan maka semakin kecil kemungkinan terjadi kekeringan. Sedangkan berdasarkan kondisi wilayah Kabupaten Kendal memiliki suhu yang tinggi dikarenakan wilayah pesisir pantai utara serta memiliki wilayah industri yang menyebabkan suhu (LST) meningkat, hal itu mendukung mengapa TVI baik dalam mendeteksi kelas kekeringan kelas berat hingga sangat berat.

**Tabel 5** RMSE perkelas metode TVI 2017(kiri) dan 2018 (kanan)

No	Metode TVI Agustus 2017			No	Metode TVI Agustus 2018		
	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel		Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel
1	Normal	3	4	1	Normal	1.34	5
2	Ringan	1.41	16	2	Ringan	2.55	4
3	Sedang	1.41	14	3	Sedang	1.70	9
4	Berat	1.29	6	4	Berat	1	5
				5	Sangat Berat	0.29	12
Jumlah			40	Jumlah			35

**IV.5.3 Analisis Metode VHI (*Vegetation Health Index*)**

Berdasarkan Tabel 6 VHI kelas kekeringan ringan dan sedang mempunyai nilai RMSE yang baik pada metode VHI (*Vegetation Health Index*) yaitu dikarenakan pada rumus VHI yang dapat dilihat pada persamaan 3 dimana pada rumus VHI melibatkan rumus temporal dari tahun ke tahun menggunakan nilai maksimum dan minimum dari nilai LST dan NDVI setiap bulan dan tahunnya, penyebab lainnya yaitu sawah Kendal merupakan sawah tadah hujan sehingga pengairan sawah bergantung hujan, hal tersebut dikarenakan kebanyakan irigasi di sawah Kabupaten Kendal mengalami kerusakan sehingga pengairan sawah sedikit terhambat.

**Tabel 6** RMSE perkelas metode VHI 2017(kiri) dan 2018 (kanan)

Metode VHI Agustus 2017			Metode VHI Agustus 2018				
No	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel	No	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel
1	Normal	1.94	4	1	Normal	1.26	5
2	Ringan	0.5	16	2	Ringan	1.00	4
3	Sedang	0.60	14	3	Sedang	0.33	9
4	Berat	1.41	6	4	Berat	1	5
	Jumlah		40	5	Sangat Berat	2	12
					Jumlah		35

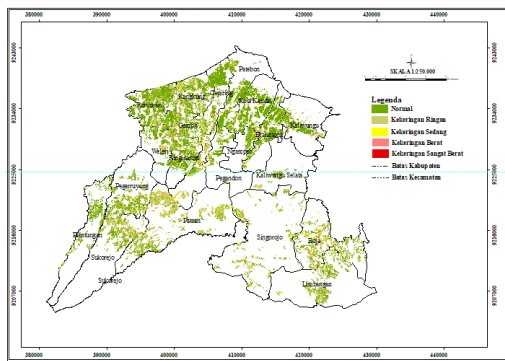
IV.5.4 Analisis Metode LSWI (Land Surface Water Index)

Berdasarkan Tabel 7 kelas kekeringan normal mempunyai nilai RMSE yang baik pada metode LSWI (*Land Surface Water Index*) yaitu dikarenakan pada rumus LSWI yang dapat dilihat pada persamaan 4 dimana pada rumus LSWI hanya menggunakan *band 5* (NIR) dan *band 7* (SWIR) tidak melibatkan 2 rumus yang saling digabung.

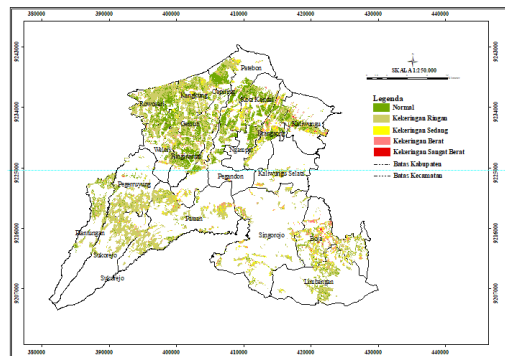
Tabel 7 RMSE perkelas metode LSWI 2017(kiri) dan 2018 (kanan)

Metode LSWI Agustus 2017			Metode LSWI Agustus 2018				
No	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel	No	Kelas Kekeringan	RMSE Agustus	Jumlah Sampel
1	Normal	1	4	1	Normal	0	5
2	Ringan	1	16	2	Ringan	1	4
3	Sedang	2	14	3	Sedang	2	9
4	Berat	2.77	6	4	Berat	3	5
	Jumlah		40	5	Sangat Berat	4	12
					Jumlah		35

Berikut adalah hasil peta dari ke-empat indeks kekeringan:

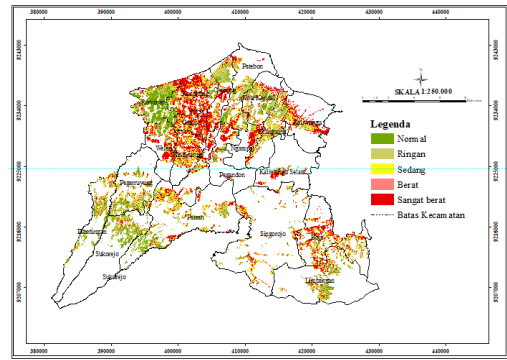


(a)

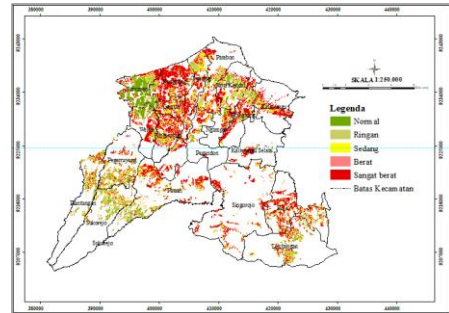


(b)

Gambar 6 Hasil peta NDDI 2017 (a) dan 2018 (b)

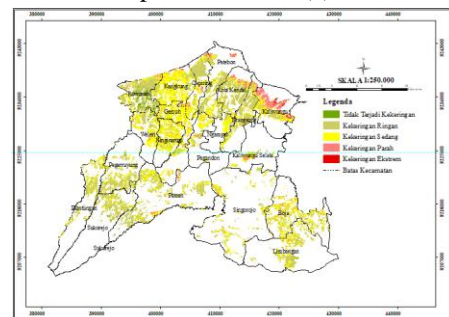


(a)

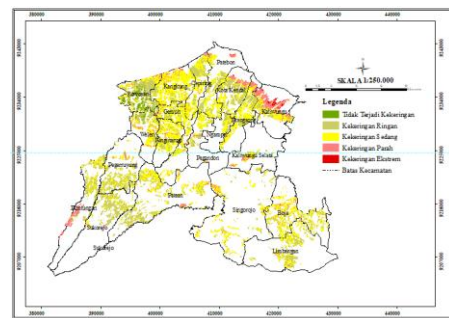


(b)

Gambar 7 Hasil peta TVI 2017 (a) dan 2018 (b)

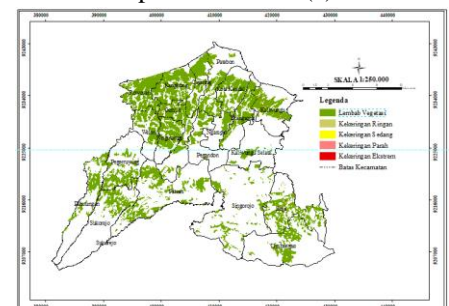


(a)

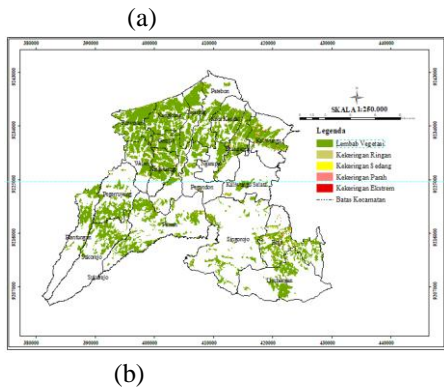


(b)

Gambar 8 Hasil peta VHI 2017 (a) dan 2018 (b)







**Gambar 9** Hasil peta LSWI 2017 (a) dan 2018 (b)  
**IV.6 Analisa RMSE Kelas Kekeringan Sawah Setiap Metode**

Berdasarkan Tabel 8 hasil RMSE terbaik untuk kelas normal yaitu metode LSWI dengan nilai RMSE 1, untuk kelas ringan yaitu metode VHI dengan hasil RMSE 0,5, hasil RMSE terbaik kelas sedang yaitu metode VHI dengan nilai RMSE 0,6, sedangkan kekeringan kelas berat nilai RMSE terbaik yaitu metode TVI dengan nilai RMSE 1,29. Pada tahun 2017 kelas kekeringan sangat berat tidak terdeteksi untuk setiap kelasnya dikarenakan data verifikasi insitu dinas pertanian tidak menunjukkan adanya kelas kekeringan sangat berat

**Tabel 8** Kelas kekeringan semua metode tahun 2017

Metode	RMSE Kelas Kekeringan Semua metode 2017				
	Kelas Kekeringan				
	Normal	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
NDDI	1.66	0.83	1.89	2.58	No data
TVI	3	1.41	1.41	1.29	No data
VHI	1.94	0.5	0.6	1.41	No data
LSWI	1	1	2	2.77	No data

\*NB: warna menandakan hasil RMSE terbaik setiap kelasnya

Berdasarkan Tabel 9 hasil RMSE terbaik untuk kelas normal yaitu metode LSWI dengan nilai RMSE 0, untuk kelas ringan yaitu metode NDDI dengan hasil RMSE 0, hasil RMSE terbaik kelas sedang yaitu metode VHI dengan nilai RMSE 0,3, untuk kekeringan kelas berat nilai RMSE terbaik yaitu metode TVI dengan nilai RMSE 1, sedangkan kelas kekeringan sangat berat nilai RMSE terbaik yaitu untuk metode TVI dengan nilai RMSE 0,29.

**Tabel 9** Kelas kekeringan semua metode tahun 2018

Metode	RMSE Kelas Kekeringan Semua metode 2018				
	Kelas Kekeringan				
	Normal	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
NDDI	0.45	0	1.21	2.45	3.15
TVI	1.67	3	1.57	1	0.29
VHI	1.26	1	0.3	1	2
LSWI	0	1	2	3	4

\*NB: warna menandakan hasil RMSE terbaik setiap kelasnya

Berdasarkan hasil tersebut untuk LSWI kelas normal dengan nilai RMSE terbaik hal ini disebabkan karena metode LSWI tidak memadupadankan antar 2 algoritma hanya menggunakan *band* NIR dan SWIR

serta tidak menggunakan faktor suhu maupun kehijauan tanaman sehingga kelas normal paling banyak terdeteksi. Untuk kelas ringan nilai RMSE terbaik yaitu VHI tahun 2017 dan NDDI 2018 hal tersebut disebabkan karena VHI dan NDDI sama-sama menggunakan faktor kehijauan tanaman. Kelas kekeringan sedang nilai RMSE terbaik yaitu metode VHI yaitu dikarenakan VHI menggunakan faktor kehijauan tanaman dan suhu permukaan dengan memasukkan rumus temporal sehingga hasil pada kelas kekeringan sedang sangat baik. Sedangkan untuk kelas kekeringan berat dan sangat berat nilai RMSE terbaik yaitu metode TVI dimana dalam persamaannya menggunakan rumus suhu permukaan dan dengan didukung letak geografis Kabupaten Kendal yang merupakan pantai utara dengan suhu lumayan tinggi serta telah terdapat kawasan industry disebalah utara Kabupaten Kendal sehingga TVI baik dalam pendeteksian kelas kekeringan berat dan sangat berat.

**IV.7 Kekeringan Lahan Sawah Kabupaten Kendal Pertahun dengan Metode Terbaik**

Berdasarkan hasil pembahasan analisis keempat metode indeks kekeringan yaitu NDDI (*Normalized Diffenced Drought Index*), TVI (*Thermal Vegetation Index*), VHI (*Vegetation Health Index*), dan LSWI (*Land Surface Water Index*) didapatkan hasil analisis terbaik dari ke empat metode tersebut yaitu indeks kekeringan VHI (*Vegetation Health Index*) dimana hasil RMSE yang didapatkan paling kecil untuk tahun 2017 dan 2018 yaitu sebesar 0,949 dan 1,373. Indeks kekeringan VHI merupakan salah satu cara atau sistem monitoring kekeringan yang dapat menghasilkan peringatan dini akan terjadinya atau berakhirnya suatu fenomena kekeringan.

Hasil indeks kekeringan VHI menjadi metode terbaik untuk wilayah Kabupaten Kendal disamping rumus VHI yang kompleks (*temporsl/multi-year*) dari rumus TCI dan VCI, hal tersebut juga ditinjau dari segi karakteristik wilayah Kabupaten Kendal dikarenakan Kabupaten Kendal berada di pantai utara pulau jawa sehingga memiliki suhu yang cukup tinggi (panas) pada daerah utara, serta seiring berkembangnya wilayah Kendal bagian utara telah dibangun kawasan industri sehingga meningkatkan suhu disekitar Kendal, maka dari itu metode VHI sangat baik untuk wilayah Kendal.

Hasil pengolahan VHI paling banyak diidentifikasi ditingkat kekeringan ringan dan sedang dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11 hasil pengolahan VHI perkecamatan tahun 2017 dan 2018.



**Tabel 10** Hasil luas perkecamatan metode terbaik (VHI) tahun 2017

No	Kecamatan	Luas Kekeringan (Ha) VHI 2017					Luas Total (Ha)
		Normal	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat	
1	Plantungan	25.702	826.473	360.799	4.511	0.000	1217.486
2	Sukorejo	29.512	1153.047	199.793	4.546	0.000	1386.898
3	Patean	28.391	1809.723	808.662	68.376	0.000	2715.152
4	Singorojo	3.921	696.262	627.939	40.408	0.000	1368.530
5	Limbangan	36.469	893.944	534.845	36.945	0.000	1502.203
6	Boja	11.530	960.029	1106.254	131.711	0.000	2209.524
7	Weleri	37.280	527.216	686.292	66.404	0.000	1317.192
8	Rowosari	260.725	1587.549	395.420	47.223	0.000	2290.917
9	Ringinarum	0.454	500.641	972.601	38.003	0.000	1511.699
10	Pagerruyung	16.191	1066.391	395.872	9.427	0.000	1487.882
11	Pegandon	4.064	282.911	396.559	30.948	0.000	714.482
12	Patebon	9.168	1014.304	464.581	88.165	5.743	1581.960
13	Ngampel	0.024	127.362	285.018	3.011	0.000	415.415
14	Kota Kendal	4.373	1081.028	407.869	164.725	0.090	1658.085
15	Kangkung	7.830	696.685	1701.232	110.887	0.000	2516.634
16	Kaliwungu Selatan	0.432	165.898	238.658	57.808	0.000	462.795
17	Kaliwungu	4.224	377.495	563.306	708.411	69.055	1722.490
18	Gemuh	2.580	497.652	1239.026	68.109	0.000	1807.367
19	Cepiring	0.491	759.656	622.180	122.519	0.000	1504.846
20	Brangsong	1.947	972.425	434.217	96.366	0.000	1504.954
Luas Total (Ha)		485.309	15996.689	12441.123	1898.503	74.888	30896.512

Nb\*: berwarna menunjukkan daerah kekeringan yang paling tinggi perkelasnya

Berdasarkan Tabel 10 hasil pengolahan metode VHI tahun 2017 didapatkan hasil luas kekeringan sawah semua total 30896,512 Ha. Luas kekeringan lahan sawah paling banyak teridentifikasi ditingkat kekeringan ringan dengan luas 15996,689 Ha dan tingkat kekeringan sedang dengan luas 12441,123 Ha. Untuk luas lahan sawah tingkat normal dengan luas 485,309 Ha, luas kekeringan tingkat berat 1898,503 Ha, dan sangat berat dengan luas 74,888 Ha. Di Kabupaten Kendal terdapat 20 kecamatan yang teridentifikasi luas kekeringan lahan sawah yang berbeda-beda berdasarkan Tabel 7 untuk sawah normal paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Rowosari dengan luas 260,725 Ha. Pada tingkat kekeringan lahan sawah ringan paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Patean dengan luas 1809,723 Ha. Untuk kekeringan sedang paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Kangkung dengan luas 1701,232 Ha. Kelas kekeringan berat paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Kaliwungu dengan luas 708,411 Ha dan untuk kelas kekeringan sangat berat paling banyak teridentifikasi di daerah Kecamatan Kaliwungu dengan luas 69,055 Ha.

**Tabel 11** Hasil luas perkecamatan metode terbaik (VHI) tahun 2018

No	Kecamatan	Luas Kekeringan (Ha) VHI 2018					Luas Total (Ha)
		Normal	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat	
1	Plantungan	9.620	692.814	428.270	310.283	0.000	1440.986
2	Sukorejo	6.483	1158.713	358.065	47.532	0.000	1570.793
3	Patean	7.152	1342.470	1178.039	196.997	0.447	2725.105
4	Singorojo	4.876	373.684	942.711	143.399	0.000	1464.669
5	Limbangan	7.844	755.764	689.804	53.325	0.000	1506.737
6	Boja	5.829	678.948	1341.563	183.647	0.000	2209.987
7	Weleri	104.838	506.227	583.090	148.351	0.000	1342.506
8	Rowosari	403.134	1288.729	513.439	86.185	1.282	2292.769
9	Ringinarum	0.900	421.157	1016.825	72.818	0.000	1511.699
10	Pagerruyung	6.788	897.236	550.055	76.929	0.000	1531.008
11	Pegandon	3.312	297.534	370.218	43.360	0.058	714.482
12	Patebon	1.522	642.159	843.750	87.577	8.756	1583.765
13	Ngampel	2.250	165.090	237.968	10.107	0.000	415.415
14	Kota Kendal	3.420	825.105	594.456	232.781	2.670	1658.432
15	Kangkung	2.557	479.271	1829.702	203.898	1.206	2516.634
16	Kaliwungu Selatan	1.349	100.803	240.544	120.099	0.000	462.795
17	Kaliwungu	1.749	285.415	613.438	734.869	108.954	1741.425
18	Gemuh	4.63113	508.993	1181.472	112.563	0.234	1807.893
19	Cepiring	0.000	518.245	901.155	85.351	0.094	1504.846
20	Brangsong	1.770	465.264	885.667	152.154	0.538	1505.392
Luas Total (Ha)		580.024	12403.621	15300.230	3102.225	121.240	31507.340

Nb\*: berwarna menunjukkan daerah kekeringan yang paling tinggi perkelasnya

Berdasarkan Tabel 11 hasil pengolahan metode VHI tahun 2017 didapatkan hasil luas kekeringan sawah semua total 31507,340 Ha. Luas kekeringan lahan sawah paling banyak teridentifikasi ditingkat kekeringan ringan dengan luas 12403,621 Ha dan tingkat kekeringan sedang dengan luas 15300,230 Ha. Untuk luas lahan sawah tingkat normal dengan luas 580,024 Ha, luas kekeringan tingkat berat 3102,225 Ha, dan sangat berat dengan luas 121,240 Ha. Di Kabupaten Kendal terdapat 20 kecamatan yang teridentifikasi luas kekeringan lahan sawah yang berbeda-beda berdasarkan Tabel 8 untuk sawah normal paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Rowosari dengan luas 403,134 Ha. Pada tingkat kekeringan lahan sawah ringan paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Patean dengan luas 1342,470 Ha. Untuk kekeringan sedang paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Kangkung dengan luas 1829,702 Ha. Kelas kekeringan berat paling banyak teridentifikasi di Kecamatan Kaliwungu dengan luas 734,869 Ha dan untuk kelas kekeringan sangat berat paling banyak teridentifikasi di daerah Kecamatan Kaliwungu dengan luas 105,954 Ha.

**V. Kesimpulan dan Saran**

**V.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil studi literatur, pengolahan data hingga analisis data diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan pengolahan ke empat metode NDDI, TVI, VHI dan LSWI didapatkan hasil untuk tahun 2017 RMSE terendah untuk kelas normal yaitu metode LSWI dengan nilai RMSE 1, untuk kelas ringan yaitu metode VHI dengan hasil RMSE 0,5, hasil RMSE terbaik kelas sedang yaitu metode VHI dengan nilai RMSE 0,6, sedangkan kekeringan kelas berat nilai RMSE terbaik yaitu metode TVI dengan nilai RMSE 1,29. Sedangkan hasil tahun 2018 RMSE terendah untuk kelas normal yaitu metode LSWI dengan nilai RMSE 0, untuk kelas ringan yaitu metode NDDI dengan hasil RMSE 0, hasil RMSE terbaik kelas sedang yaitu metode VHI dengan nilai RMSE 0,3, untuk kekeringan kelas berat nilai RMSE terbaik yaitu metode TVI dengan nilai RMSE 1, sedangkan kelas kekeringan sangat berat nilai RMSE terbaik yaitu untuk metode TVI dengan nilai RMSE 0,29. Jadi nilai RMSE paling rendah secara keseluruhan yaitu metode VHI (*Vegetation Health Index*) yaitu hasil RMSE tahun 2017 sebesar 0,949 dan RMSE tahun 2018 sebesar 1,373.
- Berdasarkan hasil pengolahan metode NDDI tahun 2017 dan 2018 pengidentifikasian kelas ringan yang paling baik maka luas kekeringan lahan

sawah kelas ringan terparah terjadi di Kecamatan Rowosari 1381,28 ha tahun 2017 dan di Kecamatan Patebon 658,75 ha tahun 2018. Hasil pengolahan metode TVI tahun 2017 pengidentifikasian paling baik pada kelas berat dengan luas kekeringan lahan sawah terparah di Kecamatan Kungkung 162,71 ha dan tahun 2017 paling baik pada kelas sangat berat dengan luas kekeringan lahan sawah terparah pada Kecamatan Kungkung 1612,40 ha. Untuk hasil pengolahan metode VHI pengidentifikasian paling baik pada kelas ringan dengan luas kekeringan lahan sawah terparah di Kecamatan Kungkung 1701,23 ha pada tahun 2017 dan tahun 2018 paling baik pada kelas sedang dengan luas kekeringan lahan sawah terparah di Kecamatan Patean 1342,47 ha. Sedangkan untuk pengolahan metode LSWI pengidentifikasian paling baik pada kelas normal dengan luas kekeringan lahan sawah terparah di Kecamatan Patean 2686,43 ha pada tahun 2017 dan tahun 2018 paling baik pada kelas ringan dengan luas kekeringan lahan sawah terparah di Kecamatan Patean 2564,60 ha.

## V.2 Saran

Berdasarkan proses persiapan hingga akhir penelitian, penulis memberikan beberapa saran yang dapat diambil. Saran yang dapat diberikan berdasarkan pada hasil penelitian sebagai berikut:

1. Mengambil data kekeringan lahan sawah ditahun saat melakukan penelitian.
2. Mencari metode-metode yang lain dalam penentuan kekeringan lahan sawah.
3. Pengambilan titik disarankan merata setiap kecamatan agar hasil yang didapatkan lebih baik lagi.
4. Pengambilan titik sampel dapat diperhatikan fase tumbuh padinya.
5. Ditambahkan analisis produktivitas padi karena sudah menggunakan data temporal.

## DAFTAR PUSTAKA

### Pustaka dari buku dan jurnal penelitian :

- Amalo, L.F. 2016. Analisis Kekeringan Pertanian di Jawa Timur Menggunakan Vegetation Health Index. Bogor: Institute Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/85907>
- Dangwal, N. 2014. Detection of Crop Water Stress and its Impact on Productivity of Cropland Ecosystem. India: Jurnal Andhra University.
- DosenPertanian. 2018. Pengertian Sawah, Macam dan Manfaatnya. <https://dosenpertanian.com/pengertian-sawah/>. Diakses pada tanggal 1 September 2019.
- Dwi. 2017. Pengertian Sawah Secara Umum dan Macam-macam Sawah. <https://umum-pengertian.blogspot.com/2016/05/pengertian-umum-sawah-macam-jenis-sawah.html>. Diakses pada 3 September 2019.
- Gu, Brown, Verdin, & Wardlow. 2007. A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for glassland drought assessment over the central Great Plains of the United States, 34. <https://doi.org/10.1029/2006GL029127,2007>.
- Khairullah. 2018. *Pengertian Kekeringan Dan Langkah-Langkah Mengantisipasinya*. Tersedia pada <http://materi.pertanian.co.id/2009/04/pengertian-kekeringan-danlangkah.html>. Di akses pada 26 April 2018.
- Koc, C.B., Osmond, P., Peters, A., Irger, M., 2017. A Methodological Framework to Assess the Thermal Performance of Green Infrastructure Through Airborne Remote Sensing. *Procedia Eng.* 180, 1306–1315. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.293>
- Kogan. (1995). Application Of Vegetation Index and Brightness Temperature For Drought Detection. *Journal Advances in Space Research*, 91-100.
- Nilasari. 2017. Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Memetakan Kekeringan Lahan Pertanian dengan Metode *Thermal Vegetation Index* (Studi Kasus : Kabupaten Kudus, Jawa tengah). Semarang: Jurnal Geodesi Undip.
- Perka BIG No 15 Tahun 2014. (n.d). Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar
- Perka BIG No 6 Tahun 2018. (n.d). Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar
- Pramesto, V. 2019. Analisis Perbandingan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI) dan Thermal Vegetation Index (TVI) dalam Menentukan Kekeringan Lahan Sawah (Studi Kasus: Kabupaten Kendal). Semarang: Jurnal Geodesi Undip.
- Priyatin. 2018. Lima Belas Desa di Kabupaten Kendal Mengalami Kekeringan. <https://regional.kompas.com/read/2015/08/22/01171161/Lima.Belas.Desadi.Kabupaten.Kendal.Alami.Kekeringan>. Diakses pada 12 Desember 2018.
- Yuliyanti. 2014. Analisis Temporal Vegetation Health Index (VHI) untuk Kekeringan Lahan Persawahan (Studi Kasus Kabupaten Indramayu, Jawa Barat). Bogor : Jurnal Geofisika dan Meteorologi IPB.