

## ANALISIS SPASIAL TEMPORAL ZONA RAWAN KEKERINGAN LAHAN PERTANIAN BERBASIS *REMOTE SENSING*

### TEMPORAL SPATIAL ANALYSIS OF AGRICULTURAL LAND DROUGHT SUSCEPTIBILITY ZONES BY *REMOTE SENSING*

*Agus Suprihatin Utomo\**

Ilmu Lingkungan Minat Geo-Informasi untuk Manajemen Bencana  
Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

*M. Pramono Hadi dan Emilya Nurjani*  
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Submitted:26-07-2021; Revised:22-11-2021; Accepted:24-11-2021

#### ABSTRACT

A mapping model of drought-prone zones for agricultural land based on Geographic Information Systems is needed to determine the distribution of drought vulnerability levels that occurred in Bantul Regency, DI Yogyakarta. This study aims to determine the estimated area of agricultural land drought based on the interpretation of aerial images. This study compares the performance of the drought potential index of agricultural land using the Normalized Difference Drought Index (NDDI) algorithm based on remote sensing technology/ Landsat 8 satellite imagery to identify the estimated zones indicated for agricultural land drought that occurred in Bantul Regency, based on trends in spatio-temporal data with recording intervals from the 2015 until 2020 data representative during the dry season. Comparisons were made by looking at the performance between indices extracted from Landsat 8 imagery data based on the value of the green vegetation parameter/ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the soil and vegetation moisture parameters/ Normalized Difference Water Index (NDWI). The method used in this research is descriptive correlative method: quantitative and qualitative deductive using geostatistical indicators based on big data analysis to measure and compare various data variables spatio-temporal. The distribution of agricultural land drought through the NDDI index transformation method on a normal, mild, moderate, to severe scale occurs in almost all areas of Bantul Regency. This happened, due to the influence of natural activities of the global climate phenomenon ENSO, the impact of the transition of the El Nino phenomenon to La Nina (wet drought) which was more dominant in 2016. The average area affected by drought in Bantul Regency on a normal scale affected was  $\pm 6.500,49$  ha, affected by mild drought was  $\pm 17.192,16$  ha, affected by moderate-scale drought was  $\pm 8.636,155$  ha, and affected by drought of heavy scale agricultural land was  $\pm 2.407,485$  ha.

**Keywords:** *Drought Index; NDDI; Agricultural Land Drought Anomaly; Bantul Regency.*

#### ABSTRAK

Model pemetaan zona rawan kekeringan lahan pertanian berbasis Sistem Informasi Geografis diperlukan untuk mengetahui sebaran tingkat kerawanan kekeringan (model sistem informasi) yang terjadi di Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui estimasi luasan

Corresponding author: [inspekturasutomo@mail.ugm.ac.id](mailto:inspekturasutomo@mail.ugm.ac.id)

Copyright ©2022 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

kekeringan lahan pertanian yang terjadi di Kabupaten Bantul berdasarkan hasil interpretasi foto citra udara. Penelitian ini membandingkan performa indeks potensi kekeringan lahan pertanian menggunakan algoritma *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) berbasis teknologi penginderaan jauh/ foto citra satelit Landsat 8 untuk mengidentifikasi estimasi zona terindikasi kekeringan lahan pertanian yang terjadi di Kabupaten Bantul, berdasarkan tren data spasio-temporal foto citra dengan interval perekaman dari perwakilan data tahun 2015 s.d. 2020 saat musim kemarau. Perbandingan dilakukan dengan melihat pada kinerja antar indeks yang diekstraksi dari data foto citra Landsat 8 berdasarkan nilai parameter vegetasi kehijauan/ *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan parameter kelembaban lahan dan vegetasi/ *Normalized Difference Water Index* (NDWI). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif korelatif: deduktif kuantitatif dan kualitatif menggunakan indikator geostatistik berbasis analisis big data untuk mengukur dan membandingkan berbagai variabel data secara spasio-temporal. Sebaran kekeringan lahan pertanian melalui metode transformasi indeks NDDI dalam skala normal, ringan, sedang, hingga berat terjadi di hampir seluruh wilayah Kabupaten Bantul. Terjadi anomali distribusi data baik secara spasial maupun tabular pada tahun 2016, dikarenakan pengaruh aktifitas alam fenomena iklim global ENSO, dampak transisi fenomena El Nino ke La Nina (kemarau basah). Secara umum, hasil identifikasi zona kekeringan lahan pertanian di Kabupaten Bantul dengan menggunakan pendekatan keruangan berbasis *Remote Sensing*/ Penginderaan Jauh teridentifikasi pada sampel rekaman foto citra tahun 2015 s.d. 2020, luas area rata-rata terdampak kekeringan lahan pertanian di Kabupaten Bantul pada skala normal terdampak seluas ± 6.500,49 ha, terdampak kekeringan skala ringan seluas ± 17.192,16 ha, terdampak kekeringan skala sedang seluas ± 8.636,155, dan terdampak kekeringan lahan pertanian skala berat seluas ± 2.407,485 ha.

**Kata Kunci:** *Indeks Kekeringan; NDDI; Anomali Kekeringan Lahan Pertanian; Bantul.*

## PENGANTAR

Kabupaten Bantul merupakan salah satu daerah kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang terlihat cukup terdampak kekeringan lahan pertanian akibat anomali

iklim ENSO (dampak meteorologis). Lahan pertanian seluas 2000 hektar terancam kekeringan, tidak mendapat suplai irigasi dikarenakan selama musim kemarau sumber air yang dimanfaatkan untuk mengairi lahan berkurang drastis bahkan sebagian mengering. Dari hasil pengamatan UPTD Balai Proteksi Tanaman Pertanian Holtikultura (BPTPH) Dinas Pertanian Daerah Istimewa Yogyakarta, sampai bulan Juni 2019 telah terjadi kerusakan lahan sawah (pertanian) akibat kekeringan dimana pengamatan dilakukan sejak dimulainya masa tanam Mei (Kurnia, D.K. & Noraini, 2019).

Penelitian tentang pemanfaatan penginderaan jauh untuk mengidentifikasi zona rawan kekeringan lahan pertanian sudah banyak dilakukan dengan berbagai algoritma dan indeks kekeringan lahan. Cara yang dapat digunakan untuk memantau potensi kekeringan lahan pertanian adalah melalui pemanfaatan foto citra satelit hasil produk teknologi penginderaan jauh melalui interpretasi data citra (pengolahan dan analisis) berbasis algoritma *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) (Gu dkk., 2007). Penggunaan indeks NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) masih menjadi andalan guna identifikasi zona rawan kekeringan pada suatu lahan. Melalui penerapan aplikasi *Remote Sensing* (RS)/ penginderaan jauh, pemantauan kekeringan secara berkesinambungan dapat memberikan masukan peringatan informasi dini (*early warning system*) untuk menentukan kebijakan mitigasi daerah yang berpotensi mengalami kekeringan lahan pertanian.

NDDI adalah indeks yang relatif baru yang dikembangkan pada tahun 2007 oleh Gu dkk. Sampai saat ini, masih sangat sedikit penelitian yang menggunakan algoritma NDDI ini. NDDI memiliki respon lebih tinggi terhadap kekeringan dibandingkan dengan penggunaan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI) saja. Algoritma NDDI ini menggabungkan parameter vegetasi kehijauan (NDVI) dan kelembaban vegetasi (NDWI). Metode NDDI dinilai cukup baik dalam memantau kekeringan yang terjadi di Kabupaten Bantul terhadap data

series spasio-temporal foto citra Landsat 8 dari tahun 2015 sampai dengan 2020 sebagai basis data yang digunakan untuk bahan pengolahan dalam penentuan tren data dan estimasi zona rawan kekeringan pada penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian yang dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana tren basis data informasi kekeringan lahan pertanian yang terjadi berdasarkan teknik pengolahan citra indeks kekeringan pertanian hasil interpretasi foto citra Landsat 8 secara spasio-temporal dalam rentang data tahun sampel 2015 s.d. 2020 di Kabupaten Bantul. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran zona rawan kekeringan lahan pertanian pada wilayah penelitian Kabupaten Bantul dengan melihat sebaran spasial pemanfaatan algoritma transformasi data digital foto citra satelit berbasis indeks kekeringan NDDI. Melalui model pemetaan rawan kekeringan dapat mengetahui sebaran tingkat kerawanan kekeringan (model sistem informasi) yang terjadi di Kabupaten Bantul, DIY berbasis data spasio-temporal 6 tahunan.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan keruangan/spasial dengan metode deskriptif korelatif: deduktif kuantitatif menggunakan indikator statistik untuk mengukur berbagai parameter kekeringan hasil interpretasi citra satelit dan deduktif kualitatif dalam membandingkan berbagai variabel kekeringan. Pendekatan keruangan bertujuan untuk melihat tingkat rawan kekeringan lokal dari sudut pandang keruangan/spasial.

## Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian, Kabupaten Bantul berada di Daerah Istimewa Yogyakarta Apabila dilihat dari bentang alamnya, wilayah Kabupaten Bantul terdiri dari daerah dataran yang terletak pada bagian tengah dan daerah perbukitan yang terletak pada bagian timur dan barat, serta kawasan pantai di sebelah selatan. Kondisi bentang alam tersebut relatif membujur dari utara ke selatan. Secara geografis wilayah Kabupaten Bantul terletak

antara 110°12'34" sampai 110°31'08" Bujur Timur dan antara 7°44'04" sampai 8°00'27" Lintang Selatan.

## Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya:

1. *Portable Computer/ Personal Computer Dell core i3 dan Printer Canon G1000*
2. Perangkat lunak *ArcGIS (ArcMap) 10.3* atau *10.8.1* dan *Office 365* untuk input data, analisis, dan visualisasi data.
3. Enam Citra Landsat 8 OLI/TIRS 8 *path 120 row 65* dengan referensi spasial WGS 84/ UTM 49S, yang diambil dari perekaman citra terbaik periode tahun 2015 s.d. 2020 pada rentang musim kering/ kemarau setiap tahunnya (satu data citra mewakili satu tahun), dengan syarat data memiliki kandungan gangguan tutupan awan pada citra < 10 s.d.6 % yang akan dijadikan sampel prosesing berikut analisis lanjut. Informasi data pada perekaman tersebut yang akan dijadikan sampel analisis sebagai berikut:

**Tabel 1.**

Daftar Metadata Sampel Citra Satelit yang digunakan dalam Penelitian

Data Citra	2015-06-14
Landsat 8 Tahun 2015	Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 48.96945504 Sin Sun_ele = 0.7543597212837821424358450911247
Data Citra	<b>2016-04-29</b>
Landsat 8 Tahun 2016	Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 55.15055326 Sin Sun_ele = 0.82065637279283518627778520593695

Data Citra Landsat 8 Tahun 2017	<b>2017-05-18</b> Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 52.12760320 Sin Sun_ele = 0.78937993541 886781578269774366728
Data Citra Landsat 8 Tahun 2018	<b>2018-05-05</b> Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 54.19672095 Sin Sun_ele = 0.81103034040 535689340654659251581
Data Citra Landsat 8 Tahun 2019	<b>2019-07-05</b> Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 48.52648874 Sin Sun_ele = 0.74926198040 853645288534364439276
Data Citra Landsat 8 Tahun 2020	<b>2020-05-10</b> Reflectance_mult_band_345 = 0.00002 reflectance_add_band_345 = -0.1 Sun_Elevation = 53.32523428 Sin Sun_ele = 0.80203877330 111248222549691063906

Sumber: *United States Geological Survey (USGS)* (<http://www.glovis.usgs.gov/>) melalui laman Katalog Inderaja LAPAN RI ([https://inderaja-catalog.lapan.go.id/application\\_data/default/index.html](https://inderaja-catalog.lapan.go.id/application_data/default/index.html) atau <http://landsat-catalog.lapan.go.id/>).

4. Peta Dasar Rupa Bumi Indonesia Wilayah Bantul skala 1:25.000
5. Data digital shapefile (.shp): Peta Administrasi Kabupaten Bantul dari Badan Informasi Geospasial dan Bappeda Bantul.

### Metode Pengolahan dan Analisis Data Citra Landsat

Analisis data dilakukan secara geostatistik berbasis analisis big data. Analisis kuantitatif menggunakan komputasi geostatistik berbasis

SIG menggunakan pengolahan pada *software* ArcGIS dan *Office 365* (Microsoft Excel). Teknik analisis data yang digunakan pada pembuatan produk peta rawan kekeringan informasi permukaan adalah analisis interpretasi citra satelit (akuisisi data rekaman, pengolahan/prosesing data citra satelit Landsat 8, hingga tahapan analisis indeks kekeringan berbasis algoritma NDDI pada citra tersebut) dan *overlay/* tumpang susun peta. Analisis deskriptif eksploratif dilakukan pada lokasi penelitian.

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu: pra-pengolahan citra, pemilihan kombinasi *band* terbaik, interpretasi visual citra, membuat penciri kelas, klasifikasi citra, dan geostatistik. Tahapan penelitian secara sederhana dijelaskan dalam penelitian kali ini, dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Studi pustaka atau membaca literature dan referensi yang berkaitan dengan judul penelitian. Mencari jurnal-jurnal dan bahan acuan yang mendukung studi kasus.
2. Pengumpulan Data  
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah batas administrasi Kabupaten Bantul, citra satelit Landsat 8 yang diunduh dari laman LAPAN berbasis data NASA & USGS, dan peta pendukung lainnya (administratif dan penggunaan lahan Kabupaten Bantul, dll).
3. Koreksi Radiometrik Citra  
Koreksi radiometrik bertujuan untuk memperbaiki kualitas visual citra agar sesuai dengan nilai pancaran spektral objek.
4. Penghitungan Algoritma NDDI  
Penghitungan algoritma ini dilakukan dengan melakukan perhitungan NDVI dan NDWI yaitu sebagai berikut :
  1. Pengolahan algoritma NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)  
Tahapan pengolahan algoritma NDVI ini dilakukan untuk mendapatkan kerapatan vegetasi dan non vegetasi pada lokasi yang diteliti. NDVI menggunakan nilai reflektansi dari *band near infrared* (NIR) dan *band merah* (*red*). Berikut algoritma NDVI dituliskan dalam persamaan 1 (Renza *dkk.*, 2010):

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \dots\dots\dots (Pers. 1)$$

2. Pengolahan algoritma NDWI (*Normalized Difference Water Index*) Tahapan pengolahan algoritma NDWI ini dilakukan untuk mendapatkan indeks kebasahan vegetasi dan lahan berdasarkan Persamaan 2. NDWI menekankan pada kebasahan vegetasi. NDWI menggunakan nilai reflektansi dari *band near infrared* (NIR) dan *band gelombang pendek infrared* (SWIR). Berikut algoritma NDWI dituliskan dalam persamaan berikut (Gu dkk., 2007):

$$NDWI = \frac{(NIR-SWIR)}{(NIR+SWIR)} \dots\dots\dots (Pers. 2)$$

3. Algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) NDDI menggabungkan parameter vegetasi kehijauan (NDVI) dan tingkat kebasahan vegetasi (NDWI). Dalam NDDI, nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi kering. Berikut algoritma NDDI dituliskan dalam persamaan 3 (Gu dkk., 2007):

$$NDDI = \frac{(NDVI-NDWI)}{(NDVI+NDWI)} \dots\dots\dots (Pers. 3)$$

5. Klasifikasi Indeks Kekeringan NDDI Tahap ini dilakukan pengklasifikasian masing-masing berdasarkan indeks kekeringan (Renza dkk., 2010) dari indeks kekeringan NDDI yang didapat yang kemudian di *overlay* dengan informasi peta dasar lainnya.

6. Pembuatan peta kekeringan NDDI Tahap ini melakukan pembuatan peta kekeringan lahan pertanian dari masing-masing hasil klasifikasi dari NDDI yang didapat menggunakan *software Arcgis - ArcMap* (*Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator - Rumus Indeks Kekeringan > Properties > Classified (Classify - Natural Breaks Method Classification > Labelling* berdasarkan (Renza dkk., 2010)) > *Windows > Image Analysis > Clipping Geometry - Area of Interest*. Selanjutnya dilakukan reklasifikasi NDDI ke dalam kategori klasifikasi potensi kekeringan (Tabel 2). NDDI memiliki kemampuan

dalam mendeteksi fenomena kekeringan pertanian berbasis data INDERAJA. Dari perbandingan penilaian, dapat disimpulkan bahwa NDDI memiliki korelasi yang relatif tinggi dengan produktifitas sawah tadah hujan daripada NDVI. NDDI disarankan sebagai indeks yang lebih baik untuk menunjukkan kekeringan pertanian (Astisiasari, 2015). Untuk klasifikasi NDDI dapat dilihat dari Tabel 2.

**Tabel 2.**  
Klasifikasi NDDI Kelas Kekeringan Lahan

Nilai NDDI	Tingkat Kekeringan
-0,05 - 0,01	Normal
0,01 - 0,15	Kekeringan Ringan
0,15 - 0,25	Kekeringan Sedang
0,25 - 1	Kekeringan Berat
> 1	Kekeringan Sangat Berat

Sumber: Renza, dkk. (2010)

7. Validasi Tahap ini melakukan validasi lapangan secara virtual (Google Maps - StreetView) dengan mengambil beberapa sampel dari hasil peta kekeringan lahan pertanian informasi data sekunder yang telah dilakukan peninjauan lapangan sebelumnya.

8. Ekstraksi Data (Ekstrapolasi Statistik) Tahap ini dilakukan dengan melakukan pemrosesan data sampel rekaman foto citra yang digunakan dalam penelitian ini yang diperoleh dengan menggunakan *software Arcgis - ArcMap* (*Penggunaan ArcToolbox-Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask* dan *Penggunaan ArcToolbox - Conversion Tools > Raster to Polygon*). Maka diperoleh nilai ekstraksi terhadap interpretasi nilai raster pada citra secara digitasi numerik (perhitungan jumlah piksel pada kategori yang dikehendaki dan dikonversikan ke dalam satuan area/ luasan lahan yang terdampak secara statistik untuk diolah secara tampilan visual pada *Ms. Excel*).

**Pembuatan Peta Zonasi Rawan Kekeringan NDDI**

Tahapan ini dilakukan berdasarkan pengklasifikasian pada nilai indeks kekeringan

NDDI yang didapat yang kemudian di *overlay* (tumpang susun) dengan peta tutupan lahan hasil interpretasi citra. Pembuatan peta kekeringan lahan pertanian pada dilakukan dari masing-masing hasil klasifikasi nilai indeks parameter kekeringan (NDVI dan NDWI), khususnya parameter NDDI.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kekeringan lahan pertanian menggunakan metode transformasi algoritma NDDI pada foto citra satelit digunakan untuk mengetahui kekeringan pada lahan pertanian. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan indeks kebasahan (Astisiasari, 2015). Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahwa indeks kekeringan yang tinggi akan terjadi apabila indeks vegetasi menurun dan indeks kebasahan juga menurun. Apabila hal ini terjadi maka akan terjadi kekeringan pada lahan pertanian. Tren kekeringan lahan berdasarkan interpretasi citra foto satelit di Kabupaten Bantul dalam 6 tahun terakhir mengalami peningkatan, terkecuali terdapat anomali tren data meningkat terhadap pola kekeringan pada sampel data tahun 2016, manakala pada kala itu (berdasarkan data rekam foto citra satelit yang diambil) terjadi bencana banjir besar.

*"Banjir luapan air sungai di Kabupaten Bantul terjadi karena hujan ringan-sedang merata di wilayah DIY dari pagi sampai sore hari. Banjir melanda 8 kecamatan di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada Minggu (17/3/2019), yaitu Kecamatan Pandak, Kasihan, Pundong, Bantul, Jetis, Pleret, Imogiri, dan Sewon."* (Putsanra, 2017)

Wilayah Kabupaten Bantul mempunyai tujuh jenis tanah yaitu tanah Rendzina, Alluvial, Grumosol, Latosol, Mediteran, Regosol, dan Litosol. Jenis tanah Regosol merupakan jenis tanah yang dominan di wilayah Kabupaten Bantul. Jenis tanah ini tersebar pada Kecamatan Kasihan, Sewon, Banguntapan, Jetis, Bantul, dan Bambanglipuro. Tanah Regosol adalah tanah yang berasal dari material gunung berapi, bertekstur (mempunyai butiran) kasar bercampur dengan pasir, dengan solum tebal

dan memiliki tingkat kesuburan rendah. Tanah Litosol berasal dari batuan induk batugamping, batupasir, dan breksi/konglomerat, tersebar di Kecamatan Pajangan, Kasihan, dan Pandak. Tanah Mediteran berasal dari batugamping karang, batugamping berlapis, dan batupasir, tersebar di Kecamatan Dlingo dan sedikit di Sedayu. Tanah Latosol berasal dari batuan induk breksi, tersebar di Kecamatan Dlingo, Imogiri, Pundong, Kretek, Piyungan, dan Pleret. Tanah Grumosol berasal dari batuan induk batugamping berlapis, napal, dan tuff, terdapat di Kecamatan Sedayu, Pajangan, Kasihan, Pandak, Sanden, Bambanglipuro, dan Srandakan.

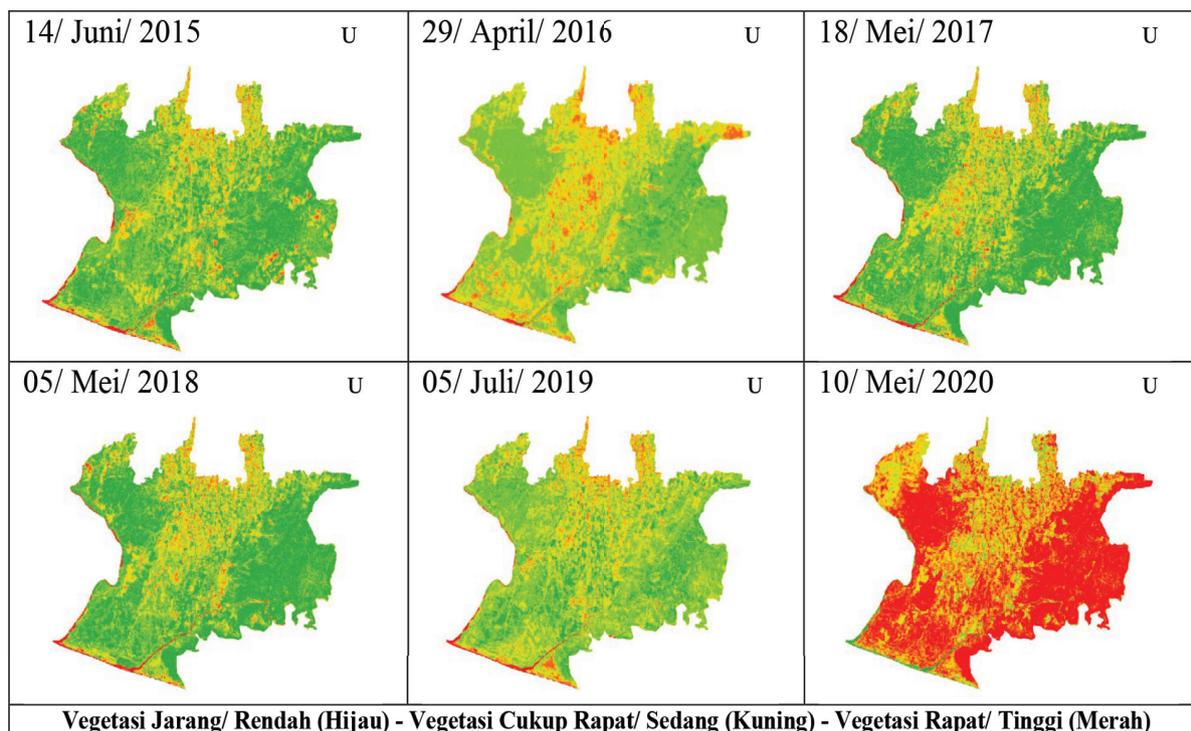
Wilayah Kabupaten Bantul pada umumnya berupa daerah dataran (kemiringan kurang dari 2%) dengan persebaran di wilayah selatan, tengah, dan utara dengan luas 31.421 ha (61,99% dari luas wilayah Kabupaten Bantul) yang tersebar di wilayah selatan, tengah, dan utara. Untuk wilayah timur dan barat umumnya berupa daerah yang mempunyai kemiringan 2% hingga 40% dengan luas sebesar 15.255 ha (30,09%). Sebagian kecil wilayah timur dan barat seluas 4.009 ha (7,9%) mempunyai kemiringan lereng di atas 40%. Wilayah kecamatan yang paling luas memiliki lahan miring diatas 40% terletak di Kecamatan Dlingo dan Imogiri, sedangkan wilayah kecamatan yang didominasi oleh lahan datar dengan kemiringan kurang dari 2% terletak di Kecamatan Sewon dan Banguntapan (Astisiasari, 2015).

Wilayah Kabupaten Bantul merupakan wilayah yang tergolong kompleks jika ditinjau dari aspek fisiknya. Kondisi geomorfologi dan geologinya cukup beragam. Wilayah ini memiliki 8 (delapan) bentuk lahan, yaitu bentuklahan asal vulkanik, fluvial, marin, denudasional, solusional, struktural, aeoline, dan antropogenik. Hal tersebut tentunya juga berpengaruh kepada kondisi hidrologinya. Wilayah Kabupaten Bantul memiliki ciri khas kondisi fisiografi dan sosial pada masing-masing daerah wilayah administratif kecamatan baik dalam proses alam yang terjadi maupun respon dari masyarakat dan kehidupan sosialnya.

### Hasil Analisis Spasial Indeks Vegetasi (NDVI)

Transformasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui hubungannya vegetasi dengan potensi kekeringan terhadap sampel data tahunan yang digunakan. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahwa objek vegetasi merupakan objek dengan kapasitas peresapan air tinggi, sebaliknya objek

selain vegetasi merupakan objek kedap air. Sehingga nilai NDVI yang tinggi menunjukkan daerah dengan kerapatan vegetasi tinggi, kemampuan penyerapan air tinggi. Sebaliknya nilai NDVI yang rendah menunjukkan daerah dengan kerapatan vegetasi yang rendah, kemampuan penyerapan air rendah yang teridentifikasi kekeringan. Secara spasial, perbandingan hasil indeks vegetasi hasil interpretasi citra satelit pada penelitian kali ini dapat dilihat pada tampilan di Gambar 1.



**Gambar 1.**  
Sebaran Indeks Kerapatan Vegetasi Lahan (Pertanian dan Non Pertanian) Kabupaten Bantul Tahun 2015 s.d. 2020 Interpretasi Citra Satelit  
Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

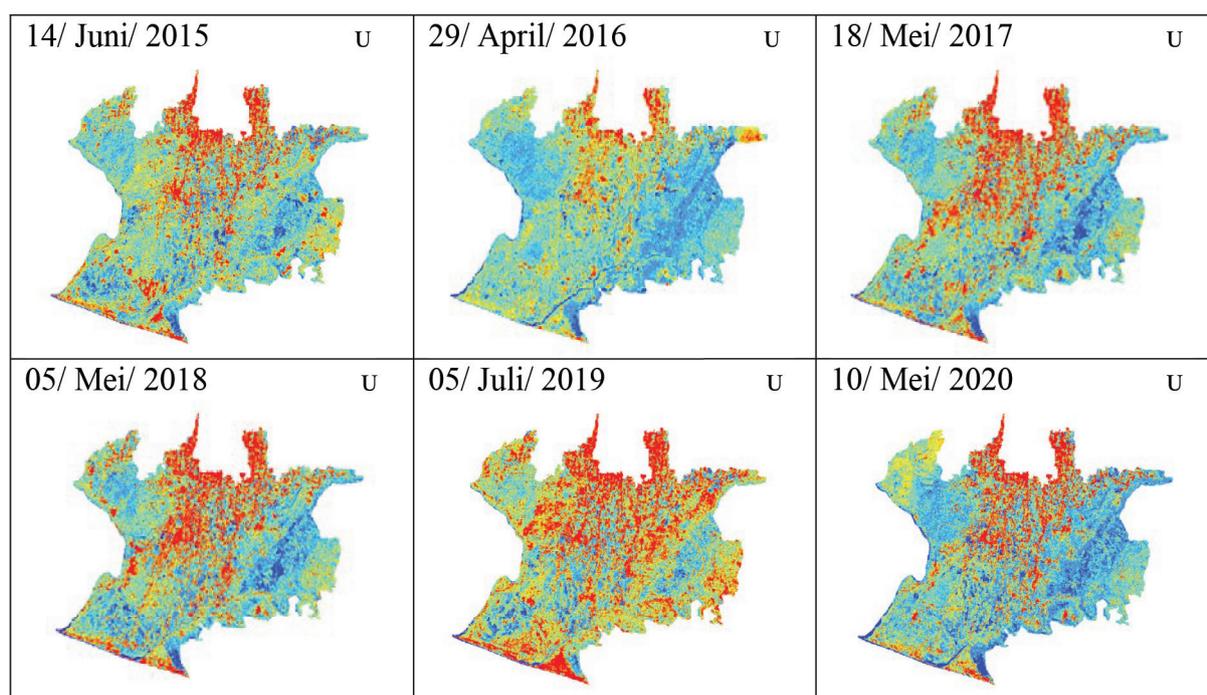
Dari Gambar 1, dapat dilihat terdapat dua sebaran data spasial indeks kerapatan yang mengalami perubahan yang cukup jelas yaitu data tahun 2016 dan tahun 2020, hal ini terdefiniskan pada tahun tersebut tingkat kerapatan vegetasi mendominasi. Sangat anomali spasial data rekaman pada tahun 2020, tampak vegetasi rapat/ tinggi terjadi lebih dominan. Daerah Kabupaten Bantul yang dominan sawah, indeks vegetasi cenderung naik dari dua tahun tersebut, tahun 2020

mendominasi kerapatan vegetasi lebih tinggi. Hal ini terjadi disebabkan oleh faktor iklim global - ENSO (kemarau basah). Secara data meteorologis, tahun 2020 curah hujan terjadi sangat signifikan tinggi dengan intensitas hari hujan rapat sekaligus tinggi setiap bulannya, sangat mempengaruhi tingkat kerapatan vegetasi pada lahan, berbeda dengan tren curah hujan yang relatif normal pada tingkat curah dan intensitas hujan pada 5 (lima) tahun sebelumnya.

Pada data citra tahun 2020 kelas vegetasi tertinggi dengan ditunjukkan indeks kelas berwarna merah mengindikasikan kelas vegetasi rapat, diduga terjadi fase vegetatif padi yang ditandai dengan daun padi tumbuh melebat. Dari 6 data rekaman spasial yang digunakan, tampak pada pola tren data spasial mengalami kecenderungan indeks vegetasi cenderung lebih rendah/menurun terjadi pada tahun 2015, 2017, dan 2018. Pada ketiga data rekaman tahun tersebut tampak daerah barat, timur, dan selatan yang dominan lahan pertanian hutan, ladang, dan sawah mengindikasikan indeks vegetasinya cenderung menurun ditandai dengan kelas vegetasi rapatnya menurun karena curah hujan sedikit yang mengakibatkan potensi kekeringan.

### Hasil Analisis Spasial Indeks Kebasahan (NDWI)

Transformasi Indeks Kebasahan (*Normalized Difference Water Index*) dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui hubungannya dengan potensi kekeringan. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semakin rendah nilai spektral hasil transformasi indeks kebasahan yang ditunjukkan indeks data spasial berwarna merah suatu objek maka objek tersebut semakin kering, sebaliknya semakin tinggi tingkat nilai spektral hasil transformasi indeks kebasahan suatu objek maka objek semakin basah/ lembab (indeks spasial warna biru). Berikut hasil indeks kebasahan dapat dilihat perbandingan data tiap tahun yang dijadikan sampel transformasi spasial dalam penelitian kali ini.



**Gambar 2.**

Sebaran Indeks Kebasahan Lahan (Pertanian dan Non Pertanian)  
 Kabupaten Bantul Tahun 2015 s.d. 2020 Interpretasi Citra Satelit  
 Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

Dari Gambar 2, indeks kebasahan mengalami perubahan yang cukup jelas tiap tahunnya. Pada (puncak) musim kemarau, yakni bulan data sampel Juni 2015, Mei 2018 dan 2017, Juli 2019 tampak indeks kebasahan mengalami penurunan, dominan lahan secara umum mengalami kering/ tidak lembab.

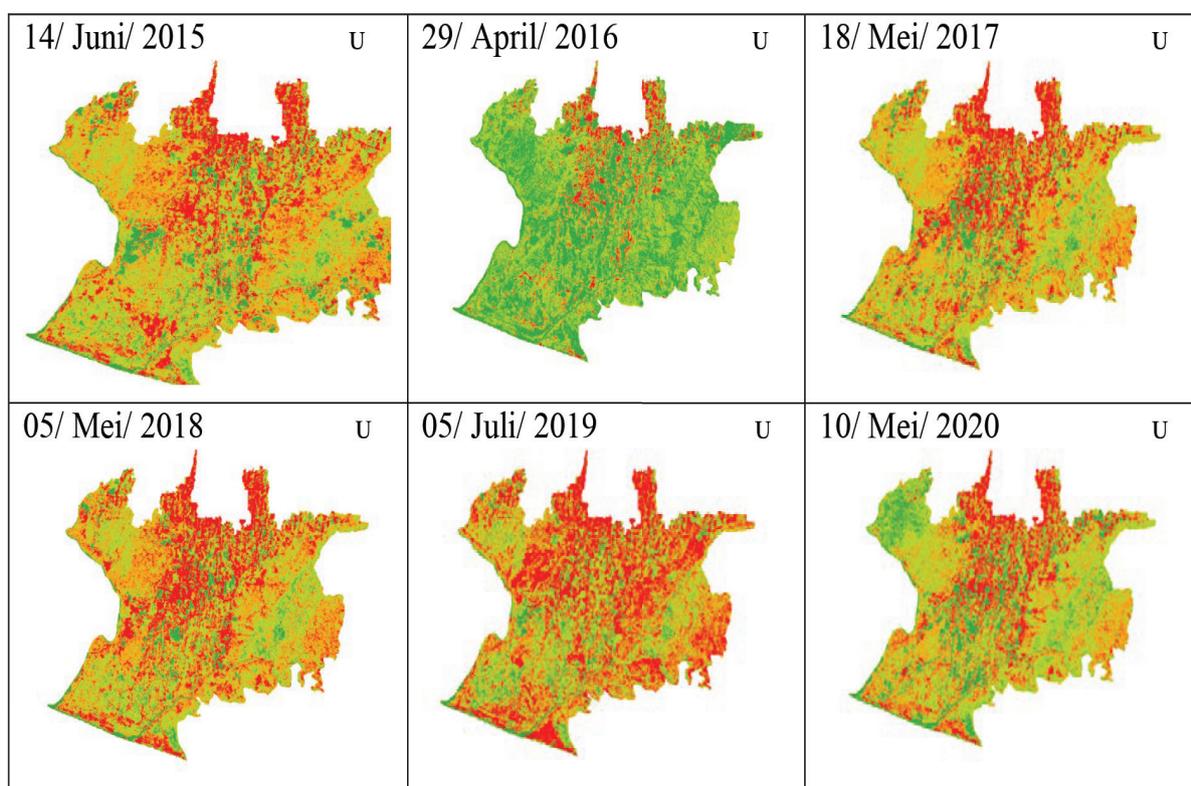
Berdasarkan Gambar 2, kelas kering mengalami kenaikan dimana kelas kering (tertinggi) terjadi pada data di tahun data sampel 2019, sedangkan pada kelas kebasahan tinggi cenderung mengalami kenaikan terjadi pada tahun 2016 dan 2020 bila dibandingkan dengan empat tahun data sampel lainnya. Hal ini dapat

disimpulkan telah terjadi kekeringan lahan akibat sedikit sebaran kandungan air/ kurang lembabnya lahan berdasarkan terminologi indeks NDWI pada sampel data spasial tahun 2015, 2017, 2018, dan 2019.

**Hasil Analisis Spasial Indeks Kekeringan Lahan Menggunakan Metode NDDI**

Transformasi NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) dalam penelitian ini digunakan

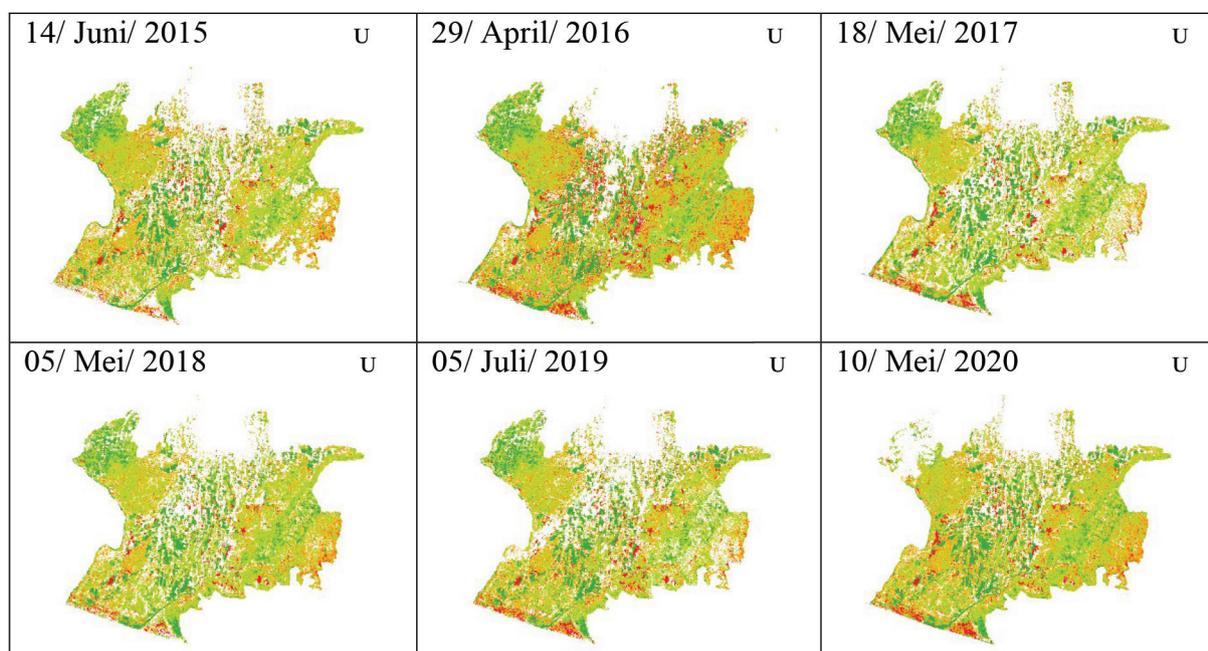
untuk mengetahui kekeringan pada lahan pertanian. Asumsi yang digunakan adalah bahwa indeks kekeringan tinggi terjadi ketika indeks vegetasi menurun dan indeks kebasahannya juga ikut menurun sehingga terjadi kekeringan pada lahan pertanian. Indeks kekeringan diolah berdasarkan data citra yang digunakan untuk mendeteksi kekeringan pertanian. Berikut hasil indeks kekeringan lahan pertanian dapat dilihat hasil perbandingannya pada Gambar 3.



**Gambar 3.**  
Sebaran Indeks Kekeringan Lahan (Pertanian dan Non Pertanian) Kabupaten Bantul Tahun 2015 s.d. 2020 Hasil Interpretasi Citra Satelit  
Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

Berdasarkan hasil interpretasi peta tutupan lahan pada wilayah penelitian menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification* diperoleh 8 klasifikasi penutup lahan, setelah dilakukan penghapusan komponen tutupan

lahan lahan abiotik (permukiman), diperoleh kerangka informasi lahan pertanian - lahan vegetatif sebagai batasan kajian pembahasan lahan pertanian dalam penelitian ini.



**Gambar 4.**  
 Sebaran Indeks Kekeringan Lahan Pertanian Kabupaten Bantul  
 Tahun 2015 s.d. 2020 Hasil Interpretasi Citra Satelit  
 Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

Kekeringan pada lahan pertanian selain dipengaruhi oleh faktor hidrometeorologis juga dipengaruhi oleh faktor geologi-geomorfologi bentuklahan, beda bentuklahan beda pula jenis ekosistem vegetasi yang tertanam diatas lahan (penutup lahan), yang mana telah diketahui wilayah penelitian Kabupaten Bantul merupakan wilayah dengan didominasi 3 (tiga) ekosistem bentuk lahan: 1. Ekosistem Dataran Fluvio Vulkanik, 2. Ekosistem

Perbukitan Struktural, dan 3. Ekosistem Kepesisiran (Kurniawan & Isnaini, 2015) dengan satuan bentuklahan yang kompleks, dari interfluve, lereng atas perbukitan, lereng tengah perbukitan, lereng bawah perbukitan, lereng kaki koluvial, dan dataran alluvial. Geomorfologi pada suatu lahan dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah keberadaan dan kondisi tebal/tipis lapisan tanah sebagai medium tanam tanaman.

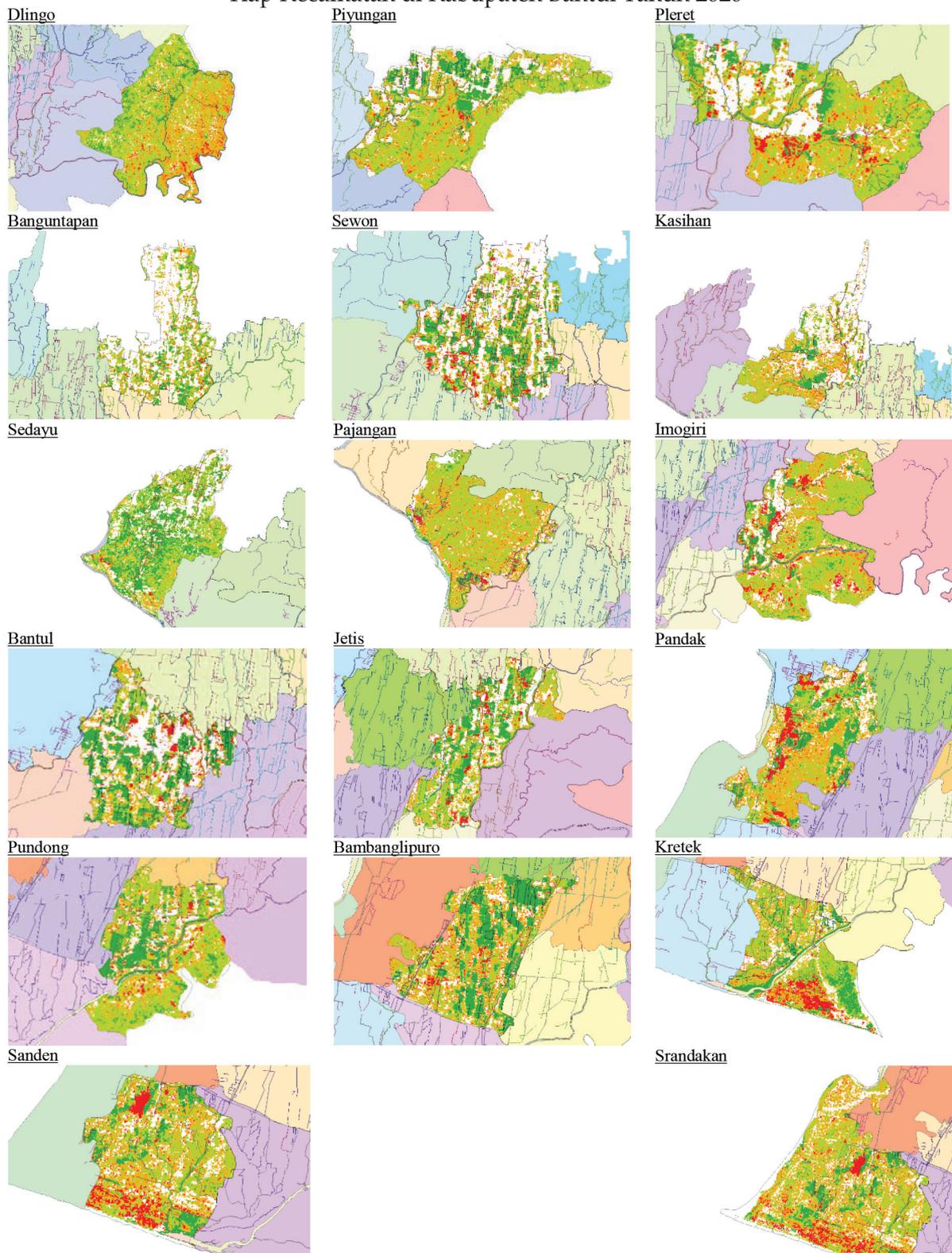
**Tabel 3.**  
 Estimasi Luas Area Terdampak Kekeringan Lahan Pertanian di Kabupaten Bantul

Tahun	Luas Area Terdampak Kekeringan Lahan Pertanian Berdasarkan Kelas NDDI			
	Normal (ha)	Ringan (ha)	Sedang (ha)	Berat (ha)
14 Juni 2015	6.394,59	16.815,06	8.442,45	2.224,89
29 April 2016	6.669,36	17.144,37	9.668,16	3.981,78
18 Mei 2017	6.943,5	16.596,27	6.735,87	1.898,19
5 Mei 2018	6.643,44	17.893,08	8.284,77	1.636,2
5 Juli 2019	6.186,96	16.262,46	8.084,43	2.24811
10 Mei 2020	6.165,09	18.441,72	10.601,01	2.455,74

\*Lahan Pertanian (Lahan Vegetatif) = Lahan Kebun + Lahan Ladang + Lahan Sawah + Lahan Hutan + Semak Belukar

Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021).

**Tabel 4.**  
Distribusi Zona Rawan Kekeringan Lahan Pertanian  
Tiap Kecamatan di Kabupaten Bantul Tahun 2020



Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

**Tabel 5.**

Wilayah Kecamatan Terdampak Kekeringan Lahan Pertanian  
di Kabupaten Bantul (Hasil Interpretasi Citra Satelit Tahun 2015 s.d. 2020)

No.	Kelas Kekeringan	Kecamatan yang Terdampak
1.	Ringan	Srandakan, Sanden, Kretek, Pleret, Piyungan, Kasihan, dan Pajangan.
2.	Normal hingga Ringan	Pundong, Bambanglipuro, Bantul, Jetis, Sewon, dan Sedayu.
3.	Ringan hingga Sedang	Pandak, Dlingo, dan Banguntapan.
4.	Normal hingga Berat	Imogiri.

Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

Secara lebih rinci, wilayah desa yang jauh data rekaman 6 tahun pada penelitian kali terdampak kekeringan pada tiap kelas ini, teridentifikasi sebagai berikut: berdasarkan hasil interpretasi penginderaan

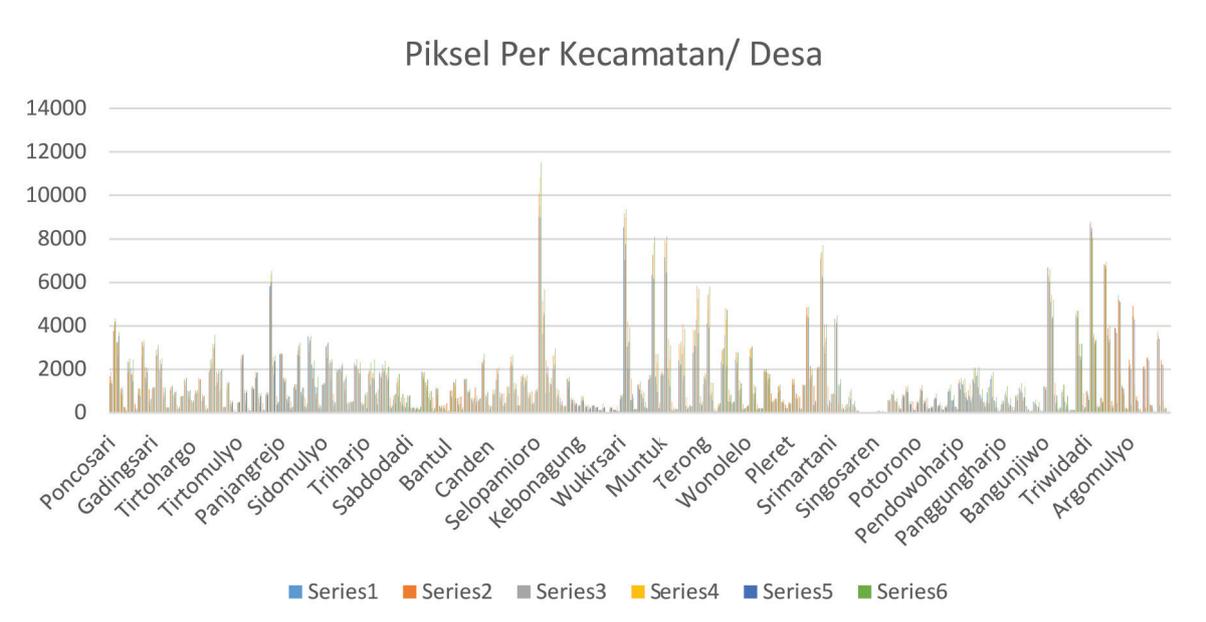
**Tabel 6.**

Wilayah Kecamatan dan Desa Terdampak Kekeringan Lahan Pertanian di Kabupaten Bantul  
(Hasil Interpretasi Citra Satelit Tahun 2015 s.d. 2020)

No.	Kelas Kekeringan	Kecamatan yang Terdampak	Desa yang Terdampak
1.	Normal	Pundong Bambanglipuro Bantul Jetis Imogiri Sewon Sedayu	Panjangrejo. Sumbermulyo. Sabdodadi, Palbapang, Ringinharjo, Bantul, dan Tirenggo. Sumberagung. Karangtalun. Pendowoharjo dan Timbulharjo. Argorejo.
2.	Ringan	Srandakan Sanden Kretek Pundong Bambanglipuro Pandak Bantul Imogiri  Jetis Dlingo Pleret Piyungan Banguntapan  Sewon Kasihan Pajangan Sedayu	Poncosari dan Trimurti. Srigading, Gadinghari, Gadingharjo, dan Murtigading. Tirtoharjo, Parangtritis, Tirtosari, Tirtomulyo, dan Donotirto. Seloharjo dan Srihardono. Sidomulyo dan Mulyodadi. Caturharjo, Triharjo, Gilangharjo, dan Wijirejo. Bantul. Selopamiro, Sriharjo, Karangtengah, Kebonagung, Imogiri, Wukirsari, dan Girirejo. Patalan, Canden, dan Trimulyo. Mangunan, Muntuk, Temuwuh, Terong, dan Dlingo. Bawuran, Wonolelo, Segoroyoso, Wonokromo, dan Pleret. Sitimulyo, Srimulyo, dan Srimartani. Tamanan, Singosaren, Wirokerten, Jambidan, Potorono, Baturetno, dan Banguntapan. Timbulharjo, Bangunharjo, dan Panggunharjo. Tamantirto, Ngestiharjo, Bangunjiwo, dan Tirtonirmolo. Guwosari, Triwidadi, dan Sendangsari. Argodadi, Argomulyo, Argosari, dan Argorejo.
3.	Sedang	Pandak Dlingo Banguntapan	Triharjo. Temuwuh, Jatimulyo, dan Dlingo. Jagalan.
4.	Berat	Imogiri	Karangtalun dan Imogiri.

\*Rekap Data Hasil Olahan Pribadi Wilayah Terdampak (Luas Area Terdampak Tertinggi) pada tiap kelas Kekeringan Lahan Pertanian di Kabupaten Bantul Hasil Interpretasi Citra Satelit Landsat 8 (Analisis Geostatistik berbasis Analisis Big Data)

Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)



**Gambar 5.**  
 Distribusi Wilayah Berpotensi Rawan Kekeringan Lahan Pertanian pada Seluruh Kelas Kerawanan di Wilayah Kecamatan, Kabupaten Bantul  
 Sumber: Hasil Olahan Pribadi (2021)

Keterangan Diagram:

- Series 1: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2015
- Series 2: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2016
- Series 3: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2017
- Series 4: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2018
- Series 5: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2019
- Series 6: Sebaran Indeks NDDI Tahun 2020

Wilayah kecamatan dan desa yang terdampak parah terhadap kejadian kekeringan lahan pertanian dalam periode 2015 sampai dengan 2020 yang terjadi di Kabupaten Bantul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan hasil interpretasi penginderaan jauh foto citra satelit lokasi penelitian teridentifikasi terdistribusi secara spasial (sebaran data menurut piksel terbanyak mendominasi pada tiap klasifikasi indeks NDDI) dikategorikan sebagai berikut:

Kekeringan Lahan Pertanian Kelas Normal sering terjadi pada Kecamatan Pundong (Desa Panjangrejo), Kecamatan Bambanglipuro (Desa Sumbermulyo), Kecamatan Bantul (Desa Sabdodadi, Desa Palbapang, Desa Ringinharjo, Desa Bantul, dan Desa Trirenggo), Kecamatan Jetis (Desa Sumberagung), Kecamatan Imogiri (Desa Karangtalun), Kecamatan Sewon (Desa Pendowoharjo dan Desa Timbulharjo), dan

Kecamatan Sedayu (Desa Argorejo). Indeks kekeringan lahan pada kelas ini didominasi pada area sistem pertanian lahan basah – dekat jaringan perairan sistem irigasi teknik dan non teknik/ tradisional.

Kekeringan Lahan Pertanian Kelas Ringan sering terjadi pada Kecamatan Srandakan (Desa Poncosari dan Desa Trimurti), Kecamatan Sanden (Desa Srigading, Desa Gadingsari, Desa Gadingharjo, dan Desa Murtigading), Kecamatan Kretek (Desa Tirtoharjo, Desa Parangtritis, Desa Tirtosari, Desa Tirtomulyo, dan Desa Donotirto), Kecamatan Pundong (Desa Seloharjo dan Desa Srihardono), Kecamatan Bambanglipuro (Desa Sidomulyo dan Desa Mulyodadi), Kecamatan Pandak (Desa Caturharjo, Desa Triharjo, Desa Gilangharjo, dan Desa Wijirejo), Kecamatan Bantul (Desa Bantul), Kecamatan Imogiri (Desa Selopamiro, Desa Sriharjo, Desa Karangtengah, Desa

Kebonagung, Desa Imogiri, Desa Wukirsari, dan Desa Girirejo), Kecamatan Jetis (Desa Patalan, Desa Canden, dan Desa Trimulyo), Kecamatan Dlingo (Desa Mangunan, Desa Muntuk, Desa Temuwuh, Desa Terong, dan Desa Dlingo), Kecamatan Pleret (Desa Bawuran, Desa Wonolelo, Desa Segoroyoso, Desa Wonokromo, dan Desa Pleret), Kecamatan Piyungan (Desa Sitimulyo, Desa Srimulyo, dan Desa Srimartani), Kecamatan Banguntapan (Desa Tamanan, Desa Singosaren, Desa Wirokerten, Desa Jambidan, Desa Potorono, Desa Baturetno, dan Desa Banguntapan), Kecamatan Sewon (Desa Timbulharjo, Desa Bangunharjo, dan Desa Panggungharjo), Kecamatan Kasihan (Desa Tamantirto, Desa Ngestiharjo, Desa Bangunjiwo, dan Desa Tirtonirmolo), Kecamatan Pajangan (Desa Guwosari, Desa Triwidadi, dan Desa Sendangsari), dan Kecamatan Sedayu (Desa Argodadi, Desa Argomulyo, Desa Argosari, dan Desa Argorejo). Indeks kekeringan lahan pada kelas ini secara umum didominasi pada area sistem pertanian lahan basah - dekat dari jaringan perairan sistem irigasi teknik dan non teknik/ tradisional.

Kekeringan Lahan Pertanian Kelas Sedang sering terjadi pada Kecamatan Pandak (Desa Triharjo), Kecamatan Dlingo (Desa Temuwuh, Desa Jatimulyo, dan Desa Dlingo) dan Kecamatan Banguntapan (Desa Jagalan). Indeks kekeringan lahan pada kelas ini secara umum didominasi pada area sistem pertanian lahan kering - jauh dari jaringan perairan sistem irigasi teknik dan non teknik/ tradisional, lahan tadah hujan.

Kekeringan Lahan Pertanian Kelas Berat sering terjadi pada Kecamatan Imogiri (Desa Karangtalun dan Desa Imogiri). Indeks kekeringan lahan pada kelas ini secara umum didominasi pada area sistem pertanian lahan kering - jauh dari jaringan perairan sistem irigasi teknik dan non teknik/ tradisional, lahan tadah hujan pada kondisi faktor geomorfologi tertentu (topografi, kemiringan lereng, dan berikut jenis tanah tertentu).

Diperoleh hasil rerata estimasi luas zona kekeringan berdasarkan nilai indeks kekeringan NDDI area terdampak kekeringan

lahan pertanian pada penelitian ini yakni luas area rerata terdampak kekeringan di Kabupaten Bantul pada skala normal terdampak seluas  $\pm 6.500,49$  ha, terdampak kekeringan skala ringan seluas  $\pm 17.192,16$  ha, terdampak kekeringan skala sedang seluas  $\pm 8.636,155$  ha, dan terdampak kekeringan lahan pertanian skala berat seluas  $\pm 2.407,485$  ha. Kekeringan lahan masih didominasi kelas kekeringan lahan pertanian pada kelas Ringan (indeks warna peta kerawanan warna hijau muda).

Dalam menentukan sampel data foto citra satelit yang hendak digunakan dalam proses penelitian, disarankan untuk memilih citra yang bebas awan/ dilakukan penghapusan data awan/ bayangan untuk proses interpretasi lanjut indeks kekeringan lahan pertanian dan memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi agar mendapatkan informasi yang lebih detil dalam mendeteksi kekeringan lahan pertanian dan menyesuaikannya dengan kondisi tutupan lahan (tanpa distorsi gangguan awan).

## **SIMPULAN**

Potensi rawan bencana kekeringan lahan pertanian berdasarkan hasil interpretasi citra Landsat 8 wilayah yang terdampak mengalami kekeringan lahan pertanian terjadi pada seluruh kecamatan di Kabupaten Bantul saat musim puncak kemarau 6 tahun terakhir dalam skala potensi kekeringan normal, ringan, sedang, hingga berat. Tampak terjadi anomali data kekeringan lahan pada tahun 2016, akibat pengaruh dampak meteorologis - iklim global (fenomena ENSO - kategori periode kemarau basah). Dari satu lokasi yang sama bisa dimungkinkan adanya beberapa tingkat kekeringan yang berbeda-beda/ tren variatif setiap tahunnya, dipengaruhi topografi, kemiringan lereng, ketebalan lapisan dan jenis tanah (medium tanam - penyerapan air).

Diperlukan dukungan informasi pendukung terhadap pendeteksian kekeringan lahan pertanian (kebun, ladang, dan sawah) dengan menggunakan peta penggunaan lahan pertanian dengan data terpercaya (dukungan data sekunder dari pemerintah setempat) agar hasil interpretasi dan analisis pemetaan per unit penggunaan lahan pertanian lebih

teliti dan akurat. Diperlukan adanya validasi lapangan secara langsung. Dalam penelitian ini, tujuan validasi model adalah untuk mengukur keakuratan atau ketepatan model dalam menduga zona rawan kekeringan dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Validasi dilakukan dengan observasi lapangan atau *groundcheck*. Dalam penelitian ini, observasi lapangan tidak dilakukan pada seluruh wilayah Kecamatan/ Desa di Kabupaten Bantul dikarenakan terkendala waktu penelitian dan keadaan pandemi *coronavirus*.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan citra multitemporal dalam rentang yang panjang dengan series data yang rapat (per bulan di musim kemarau), agar bisa mendeteksi kekeringan lahan pertanian secara lebih akurat. Selain itu, dibutuhkan uji lanjut (disiplin khusus ilmu pertanian – uji laboratorium) dan pemetaan skala rinci/ detail sebagai analisis identifikasi zona rawan kekeringan berikut informasi produktivitas lahan di lapangan secara lebih terperinci guna validasi data hasil penelitian dengan korelasi lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, N. P., Putra, I. D. N. N., dan Purnawan, I. K. A. (2020). Implementation Drought Area Identifier Application Of East Bali Based On Remote Sensing. *JURNAL ILMIAH MERPATI*, Vol. 8 (No. 1), hal. 46-53. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/merpati/article/download/54389/34582>
- Astisiasari (2015) *Comparative Assessment of NDVI Versus NDDI to Indicate Agricultural Drought: A Case Study Carried Out In District Of Gunungkidul, Province Of Yogyakarta Special Region*. Universitas Gadjah Mada. Tersedia di: <https://essay.utwente.nl/83970/>.
- BIG (2017) *InaGeoportal - Badan Informasi Geospasial (BIG)*. Dapat diakses di: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web> (Diakses pada: November 2020 dan Maret 2021).
- Danoedoro, P. (2012) *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. 1st edn. Yogyakarta: Penerbit Andi. Tersedia di: [https://www.researchgate.net/publication/302871328\\_PENGANTAR\\_PENGINDERAAN\\_JAUH\\_DIGITAL](https://www.researchgate.net/publication/302871328_PENGANTAR_PENGINDERAAN_JAUH_DIGITAL).
- Gu, Y., Brown, J. F., Verdin, J.P. dan Wardlow, B. (2007) 'A five-year analysis of MODIS NDVI and NDWI for grassland drought assessment over the central Great Plains of the United States', *Geophysical Research Letters*, 34(L06407), hal. 1-6. doi: 10.1029/2006GL029127.
- Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J. B., Brown, J. F., dan Verdin, J. P. (2008) 'Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data', *Geophysical Research Letters*, 35(L22401), hal. 1-5. doi: 10.1029/2008GL035772.
- Kurnia, K. D., D.K., S. dan Noraini, A. (2019) 'Analisis Potensi Kekeringan Lahan Sawah dengan Menggunakan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI) dan Thermal Vegetation Index (TVI) (Studi Kasus : Kabupaten Bantul)', hal. 1-8. Tersedia di: <https://core.ac.uk/display/227424863>.
- Kurniawan, A. dan Isnaini, S. M. (2015) *Keistimewaan Lingkungan Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: UGM Press.
- LAPAN (2014) *Katalog Data Resolusi Menengah (Katalog Landsat) Pustekdata LAPAN RI*. Dapat diakses di: <http://landsat-catalog.lapan.go.id/> (Diakses pada tanggal: 19 November 2020).
- Putsanra, D. V. (2017) 'Sejumlah Wilayah di Bantul DIY Dilanda Banjir Akibat Luapan Sungai', *tirto.id*. Tersedia di: <https://tirto.id/sejumlah-wilayah-di-bantul-diy-dilanda-banjir-akibat-luapan-sungai-djH5>.

- Rahardjo, W., Sukandarrumidi dan Rosidi, H. M. (1977) 'Peta Geologi Lembar Yogyakarta Skala 1:100.000'.
- Renza, D., Martinez, E., Arquero, A. dan Sanchez, J. (2010) 'Drought Estimation Maps by Means of Multidate Landsat Fused Images', *Remote Sensing for Science, Education, and Natural and Cultural Heritage*, hal. 775-782. Tersedia di: [http://www.earsel.org/symposia/2010-symposium-Paris/Proceedings/EARSeL-Symposium-2010\\_17-03.pdf](http://www.earsel.org/symposia/2010-symposium-Paris/Proceedings/EARSeL-Symposium-2010_17-03.pdf).
- Rismayatika, F., Saraswati, R., Shidiq, I. P. A., dan Taqyyudin. (2020). Identification of Dry Areas on Agricultural Land using Normalized Difference Drought Index in Magetan Regency. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science - IOP Publishing, August*, hal. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012029>