

Analisis Sebaran Potensi Kekeringan Dengan Cloud Computing Platform di Kabupaten Grobogan Fandi Dwi Julianto^a, Ir. Ediyanto, M.T.^b

^{a)} Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^{b)} Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jalan Tambak Bayan No. 2, Caturtunggal, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

^{a)} Corresponding author: fandidwij2@gmail.com

^{b)} ediyanto@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Grobogan merupakan daerah yang pemanfaatan agrikulturnya tinggi, dengan padi sebagai salah satu sektor yang diunggulkan. Namun, pengaruh fenomena El Nino menyebabkan puncak musim kemarau lebih panjang daripada yang telah diprediksi. Hal ini berdampak pada komunitas petani yang mengalami kerugian atas pertaniannya karena tidak selalu siap menghadapi kekeringan. Dengan menggunakan data citra satelit Landsat-8, Landsat-7, dan Landsat-5 dengan tipe *Surface Reflectance Tier 1* pada tanggal perekaman setiap 5 tahun dari tahun 1999 hingga 2019, penulis dapat menentukan daerah kekeringan menggunakan metode penginderaan jauh dengan algoritma NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) yang menggabungkan dua parameter; kehijauan vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index* atau NDVI) dan kebasahan vegetasi (*Normalized Difference Water Index* atau NDWI). Pengolahan algoritma NDDI ini dilakukan berdasarkan interval tertentu demi memperoleh model perubahan untuk mencoba mengetahui daerah-daerah agrikultur yang berpotensi mengalami kekeringan di masa mendatang. Selain itu, dilakukan juga pengolahan LST (*Land Surface Temperature*) pada citra satelit yang sama sebagai pendukung hasil klasifikasi kekeringan. Citra satelit diolah menggunakan *Google Earth Engine* untuk hasil yang lebih efisien, dan dari sana didapatkan bahwa pada 2009, kekeringan yang sangat berat terjadi pada area seluas 16.580,199 ha dan hasil rata-rata LST yang paling tinggi sebesar 44,811°C. Tingginya temperatur pada permukaan ini dapat mengganggu dan bahkan menyebabkan gagal panen pada padi, terlebih ketika padi sedang dalam masa reproduksi dan vegetasi. Namun, dampak-dampak dari kekeringan ini dapat diminimalisasi dengan penyusunan rencana mitigasi yang tepat.

Kata kunci: Agrikultur, Kekeringan, Penginderaan jauh, Komputasi awan

ABSTRACT

Grobogan Regency is an area with high agricultural utilization, with rice as one of the leading sectors. However, the effect of the El Nino phenomenon has resulted in a longer peak dry season than had been predicted. This has an impact on farming communities who suffer losses from their agriculture because they are not always ready to face drought. By using Landsat-8, Landsat-7, and Landsat-5 satellite image data with the *Surface Reflectance Tier 1* type on the recording date every 5 years from 1999 to 2019, the authors can determine the drought area using remote sensing methods with the NDDI (*Normalized Difference algorithm*). *Drought Index*) which combines two parameters; greenness of vegetation (*Normalized Difference Vegetation Index* or NDVI) and wetness of vegetation (*Normalized Difference Water Index* or NDWI). The NDDI algorithm processing is carried out based on certain intervals in order to obtain a model of change to try to identify agricultural areas that have the potential to experience drought in the future. In addition, LST (*Land Surface Temperature*) processing is also carried out on the same satellite image to support the drought classification results. Satellite imagery is processed using *Google Earth Engine* for more efficient results, and from there it was found that in 2009, a very heavy drought occurred in an area of 16,580,199 ha and the highest average LST yield was 44.811 °C. The high temperature on the surface can disturb and even cause crop failure in rice, especially when the rice is in its reproductive and vegetation period. However, the impacts of this drought can be minimized by preparing an appropriate mitigation plan.

Keyword: Agriculture, Drought, Remote sensing, Cloud computing

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Indonesia merupakan negara agraris dengan komoditas pertanian yang tumbuh dan berkembang dengan baik, khususnya tanaman padi. Tanaman padi menjadi komoditas pokok karena makanan pokok masyarakat Indonesia adalah nasi. Namun, pemanasan global yang terus memburuk mengharuskan masyarakat menghadapi bencana kekeringan di musim kemarau. Menurut Raharjo (2010) kekeringan didefinisikan sebagai pengurangan persediaan air atau kelembaban yang bersifat sementara secara signifikan di bawah normal atau volume yang diharapkan untuk jangka waktu tertentu. Menurut Shofiyati (2007) kekeringan pada dasarnya diakibatkan oleh kondisi hidrologi suatu daerah dalam kondisi air tidak seimbang. Kondisi air tidak seimbang dapat disebabkan oleh tidak meratanya distribusi hujan di suatu daerah. Ketidakmerataan hujan ini mengakibatkan ketidakseimbangan antara input dan output air, terutama di beberapa daerah yang curah hujannya kecil.

Kabupaten Grobogan di Provinsi Jawa Tengah setiap tahunnya dilanda bencana kekeringan. Kabupaten ini memiliki karakteristik perbukitan dan dataran di bagian tengahnya. Berdasarkan keadaan geografis serta reliefnya, Kabupaten Grobogan menjadi kabupaten yang perekonomiannya ditopang oleh sektor pertanian. Seluas 197,586 ha lahan di Kabupaten Grobogan terdiri atas lahan pertanian sawah, lahan pertanian bukan sawah, dan lahan bukan pertanian (Dinas Pertanian TPH Kabupaten Grobogan 2015). Sementara itu, rata-rata curah hujannya yaitu 257 hari atau sebesar 2,901mm (Dinas Pertanian TPH Kabupaten Grobogan 2010).

Kurangnya data spasial yang menggambarkan informasi daerah yang dilanda kekeringan menjadi salah satu faktor yang mempersulit penanganan bencana kekeringan ini. Namun, keberadaan *Internet of Things* (IOT) dan kemajuan teknologi spasial seperti SIG dan penginderaan jauh dapat mempermudah mendeteksi daerah yang memiliki potensi kekeringan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Berapa persentase sebaran daerah agrikultur di Kabupaten Grobogan yang mengalami kekeringan?
2. Bagaimana perubahan kekeringan di Kabupaten Grobogan?
3. Seberapa besar pengaruh kekeringan yang terjadi di musim kemarau terhadap sektor agrikultur di Kabupaten Grobogan?

1.3 Tujuan

Penulisan karya tulis ini bertujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui sebaran daerah agrikultur di Kabupaten Grobogan yang mengalami kekeringan
2. Mencari tahu pengaruh kekeringan terhadap penurunan produktivitas sektor agrikultur di Kabupaten Grobogan

1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan daerah agrikultur yang mengalami potensi bencana kekeringan
2. Menentukan solusi mitigasi yang tepat untuk mengurangi dampak bencana kekeringan pada sektor agrikultur di Kabupaten Grobogan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Kekeringan merupakan kejadian iklim yang berulang dan dapat terjadi pada semua zona iklim meskipun dengan karakteristik yang bervariasi di setiap tempat kejadian (Moreira dkk, 2012). Menurut Khairullah (2009), kekeringan sering dikaitkan dengan sektor yang dipengaruhi oleh kekeringan tersebut, sehingga dapat didefinisikan sebagai kekeringan meteorologi, kekeringan hidrologi, sosial ekonomi, serta kekeringan secara pertanian. Umumnya, kekeringan yang terjadi pada sektor agrikultur disebabkan karena berkurangnya kandungan air dalam tanah yang mengakibatkan tanah tak mampu untuk memenuhi kebutuhan air yang dibutuhkan oleh tanaman pada kurun waktu tertentu.

Pengindraan jauh adalah teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi, informasi tersebut berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi. Somantri (2009) mengatakan bahwa pengindraan jauh terdiri atas pengukuran dan perekaman terhadap energi elektromagnetik yang dipantulkan dan dipancarkan oleh permukaan bumi dan atmosfer dari suatu tempat tertentu di permukaan bumi. kemudian dari pengertian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pengindraan jauh yaitu teknik yang digunakan untuk memperoleh data permukaan bumi menggunakan satelit.

Normalized Difference Drought Index (NDDI) merupakan indeks berbasis satelit yang mampu menunjukkan *geo-meteorological complexity* suatu lingkungan, di mana dalam hal ini adalah untuk memantau dan mengidentifikasi kekeringan. NDDI menggabungkan parameter vegetasi kehijauan (NDVI) dan kebasahan vegetasi (NDWI). Pada NDDI, nilai yang lebih tinggi menunjukkan kondisi kekeringan. Berikut perhitungan algoritma NDDI untuk memperoleh indeks kekeringan dari suatu wilayah (Gu dkk, 2007).

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

Suhu permukaan darat atau *Land Surface Temperature* (LST) merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah. Suhu permukaan didefinisikan sebagai suhu bagian terluar dari suatu objek (Utomo dkk, 2013). LST didapatkan dengan melakukan perhitungan *band brightness temperatures* dari citra satelit Landsat-8, Landsat-7 dan Landsat-5. Perhitungan LST ini menggunakan algoritma SWM yang dikembangkan oleh CM-SAF dengan rumus:

$$LST = A_i \frac{Tb}{\varepsilon} + B_i \frac{1}{\varepsilon} + C_i$$

Keterangan:

LST : *Local Surface Temperature*

Tb : *TOA Brigness Temperature* dari kanal TIRS

ε : Emisivitas permukaan dari kanal TIRS

Ai, Bi, dan Ci : Koefisien algoritma Ai, Bi, dan Ci ditentukan dari regresi linier simulasi transfer radiasi yang dilakukan untuk 10 kelas total *Column Water Vapor* (I = 1, ..., 10)

Google Earth Engine (GEE) adalah platform komputasi awan berbasis web yang memudahkan untuk mengakses dan memproses kumpulan data geospasial yang sangat besar untuk analisis dan pengambilan keputusan. Platform ini memungkinkan pengguna untuk membuat dan menjalankan algoritma khusus dan komputasi yang cepat sehingga memungkinkan dilakukan analisis dengan skala yang luas.

3. METODE DAN DATA



Penelitian menggubakan tiga metode penelitian, yaitu pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data. (**Gambar 1**).

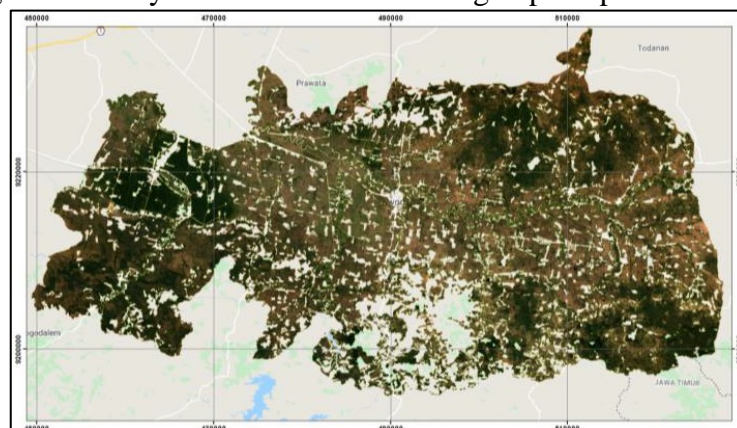
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian meliputi data citra satelit Landsat-8 *Surface Reflectance Tier 1* dan Landsat-7 *Surface Reflectance Tier 1* dan Landsat-5 *Surface Reflectance Tier 1* dari database GEE, daerah agrikultur Kabupaten Grobogan dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang didapat dari geoportal Badan Informasi Geospasial (tanahair.indonesia.go.id) dan data curah hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)..

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *cloud computing platform* yaitu *Google Earth Engine* yang meliputi pengolahan citra satelit Landsat-8 *Surface Reflectance Tier 1* untuk citra tahun 2014 dan 2019, citra satelit Landsat-7 *Surface Reflectance Tier 1* untuk tahun 2004 serta citra satelit Landsat-5 *Surface Reflectance Tier 1* untuk citra tahun 2009 dan 1999. Citra satelit yang digunakan telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik *surface reflectance* oleh pihak USGS. Analisa yang dilakukan yaitu identifikasi kekeringan pada puncak musim kemarau setiap 5



tahun sekali dari tahun 1999 hingga 2019. Setelah dilakukan pemilihan citra satelit, kemudian dilakukan *cloud masking* sehingga terbebas dari awan yang menutupi daerah penelitian.

Gambar 2. Citra Satelit Landsat-8 t di daerah agrikultur Kabupaten Grobogan

Klasifikasi daerah kekeringan dilakukan dengan menggunakan algoritma oleh Gu, Y. et al. (2007) yaitu *Normalized Difference Drought Index* (NDDI). NDDI adalah indeks berbasis satelit yang digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan di suatu daerah (Ryadi et al., 2019). Algoritma ini didasarkan pada tingkat vegetasi dan kebasahan suatu wilayah yaitu dengan algoritma *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Normalized Difference Water Index* (NDWI). dengan algoritma ini didapat bahwa indeks kekeringan meningkat ketika indeks vegetasi dan kebasahannya menurun sehingga terjadi kekeringan pada lahan pertanian. Hubungan antara ketiga algoritma di atas dijelaskan dalam rumus berikut.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

$$NDWI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

$$NDDI = \frac{NDVI - NDWI}{NDVI + NDWI} \quad (3)$$

Keterangan :

NIR : *band near-infrared* (B5)

RED : *band merah* (B4)

SWIR : *band shortwave-infrared* (B6)

Tingkat kekeringan sebanding dengan nilai NDDI di suatu wilayah. Algoritma ini cukup mudah dalam penghitungannya karena didasarkan pada perbedaan yang dinormalisasi (dilakukan penambahan dan pengurangan) dan tidak bergantung pada data deret waktu (Gu, et al. 2007). Klasifikasi nilai NDDI dijabarkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Citra Satelit Landsat-8 di daerah agrikultur Kabupaten Grobogan

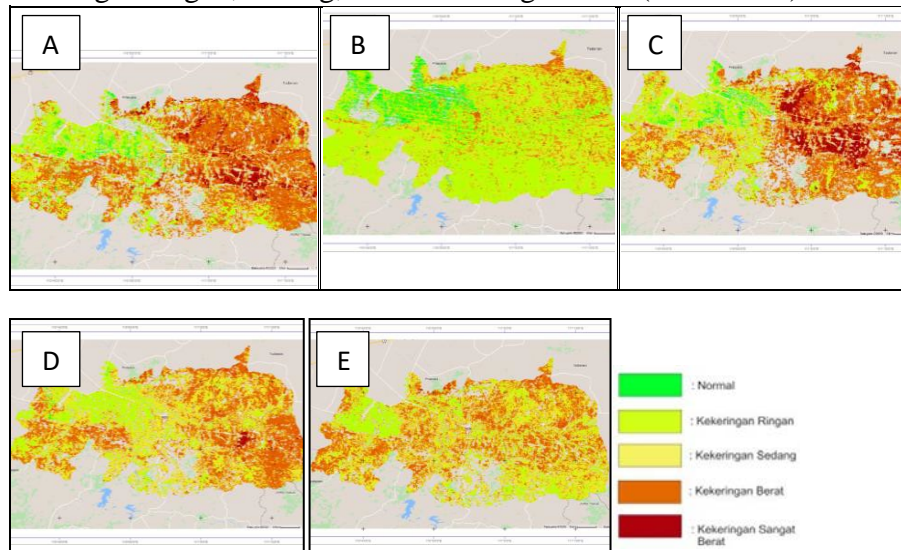
| Kelas | Nilai NDDI |
|-------------------------|--------------|
| Normal | -0,05 – 0,01 |
| Kekeringan Ringan | 0,01 – 0,15 |
| Kekeringan Sedang | 0,15 – 0,25 |
| Kekeringan Berat | 0,25 – 1 |
| Kekeringan Sangat Berat | > 1 |

Dalam pengolahan dilakukan juga perhitungan LST pada daerah Kabupaten Grobogan untuk mengetahui tingkat suhu permukaan saat musim kemarau. Data ini juga dapat digunakan sebagai pendukung dalam analisa kekeringan; semakin tinggi kekeringan, semakin tinggi suhu permukaan daerah tersebut. Perhitungan LST menggunakan *open-source code* GEE yang dikembangkan oleh S. L Ermida pada tahun 2019 dengan menggunakan citra satelit Landsat-8,7 dan 5 Surface Reflectance dan TOA sebagai perhitungan. Kode ini telah dilakukan uji validitas dengan *overall accuracy* sebesar 0.5 K, -0.1 K, and 0.2 K dan *overall RMSE* sebesar 0 K, 2.1 K, dan 2.1 K sehingga kode ini dapat dipercaya.

Pada tahap akhir dilakukan perhitungan luas area dari setiap klasifikasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan luasan dan persebaran kelas NDDI beserta olahan data statistik. Hasil akhir didapatkan analisis dan peta potensi kekeringan daerah Kabupaten Grobogan dari tahun 1999-2019.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan daerah kekeringan dengan algoritma NDDI mendapatkan 5 kelas kekeringan, yaitu kelas normal, kekeringan ringan, sedang, berat dan sangat berat (**Gambar 3**).



Gambar 3. Peta persebaran kekeringan di daerah agrikultur Kabupaten Grobogan pada tahun a) 1999 b) 2004 c) 2009 d) 2014 dan e) 2019.

Dari peta persebaran kekeringan di daerah agrikultur Kabupaten Grobogan, terlihat potensi kekeringan yang tinggi. Didapatkan hasil klasifikasi kekeringan dengan sebagian besar wilayah agrikultur di daerah penelitian mengalami kekeringan di musim kemarau. Potensi kemarau tertinggi tersebar di Kabupaten Grobogan bagian timur dan selatan, sedangkan daerah dengan kekeringan yang rendah hingga sedang terjadi di Kabupaten Grobogan bagian utara dan barat. Dari hasil klasifikasi tersebut, didapatkan luasan setiap kelas di setiap 5 tahun mulai tahun 1999-2019.

Tabel 2. Luas kelas kekeringan di Kabupaten Grobogan (dalam hektar)

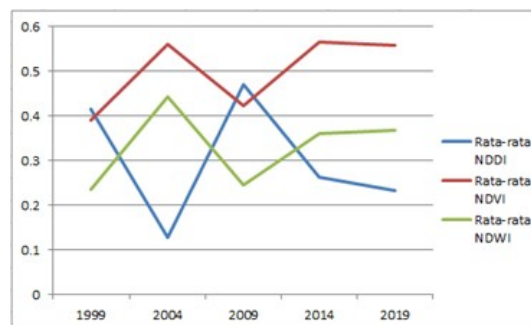
| Tahun | 1999 | 2004 | 2009 | 2014 | 2019 |
|--------------------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| Normal | 3,875.851 | 9,550.120 | 3,532.562 | 345.218 | 295.483 |
| Kekeringan ringan | 29,766.639 | 87,367.246 | 30,951.364 | 30,745.561 | 35,363.237 |
| Kekeringan sedang | 30,245.0159 | 42,524.905 | 35,960.046 | 65,356.915 | 69,278.121 |
| Kekeringan berat | 79,956.467 | 14,168.883 | 66,110.771 | 61,623.670 | 53,431.813 |
| Kekeringan sangat berat | 10,901.866 | 23.637 | 16,580.199 | 1,395.218 | 396.996 |

Pada tabel hasil klasifikasi terlihat hasil yang bervariasi, bahwa tingkat kekeringan pada tahun 1999 didominasi oleh kelas kekeringan berat, pada tahun 2004 didominasi oleh kekeringan ringan, tahun 2009 didominasi oleh kekeringan berat, tahun 2014 didominasi oleh kekeringan sedang dan tahun 2019 didominasi oleh kekeringan sedang. Pada tahun 1999 memiliki luas kelas kekeringan berat tertinggi dengan luas 79.956,467 ha atau 51,67%.

Selama kurun waktu 5 tahun terakhir ini, Kabupaten Grobogan mengalami peningkatan luas daerah yang terdampak oleh kekeringan ringan. Kekeringan berat pada kurun waktu 10 tahun terakhir mengalami penurunan luas daerah yang terdampak. Kemudian, pada kurun waktu 10 tahun terakhir,

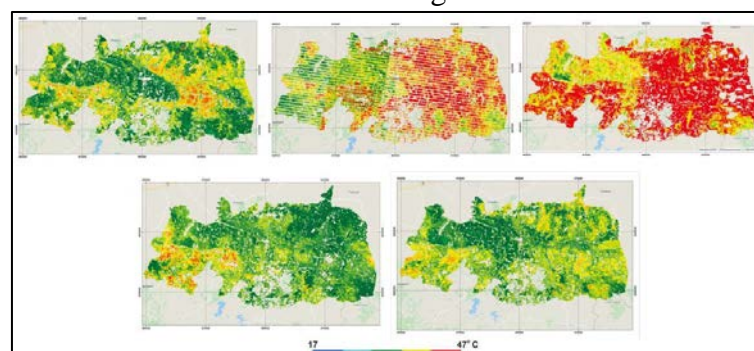
juga didapatkan data penurunan daerah yang mengalami dampak kekeringan sangat berat. Namun, jika dilihat dari besarnya luasan yang terdampak tiap tahunnya, dapat disimpulkan melalui rata-ratanya bahwa kabupaten ini mengalami kekeringan berat hingga sedang. Pada tabel juga didapatkan hasil bahwa kekeringan tingkat sedang semakin meluas dan kondisi normal semakin menurun.

Kekeringan dapat menyebabkan kerugian, salah satunya contohnya yaitu terganggunya sektor agrikultur. Pada tahun 2019 didapatkan suhu udara yang tergolong tinggi untuk pertumbuhan tanaman. Salah satu tanaman yang pertumbuhannya terganggu adalah padi dan jagung. Tanaman padi tumbuh di suhu 19-27°C dan ideal di suhu 23°C. Tanaman jagung adalah tanaman yang cocok pada lahan kering, namun, ketika dalam fase pembungaan dan pengisian biji, tanaman tersebut membutuhkan air yang cukup. Selain itu, tanaman jagung dapat tumbuh dengan baik pada suhu yang berkisar antara 23-27°C dengan suhu optimal 25°C. Jika kekeringan terjadi sepanjang tahun dengan fase kekeringan yang tidak menentu dan lahan yang terdampak kekeringan makin meluas, maka sebagian besar daerah pada kabupaten ini dapat mengalami gagal panen.



Grafik 1. Rata-rata NDDI, NDVI, dan NDWI per 5 tahun.

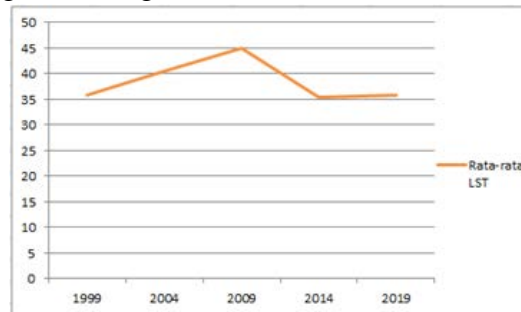
Tingkat kekeringan diidentifikasi dengan nilai NDDI, dari algoritma tersebut pada daerah penelitian didapatkan hasil bahwa pada tahun 2009 memiliki nilai rata-rata NDDI tertinggi dengan nilai 0,47. Nilai tersebut berbanding terbalik dengan NDVI dan NDWI yang memiliki grafik menurun dengan nilai rata-rata 0,42 dan 0,25. Pada tahun 2004 didapat nilai NDDI terendah dengan nilai 0,13 dan memiliki nilai NDVI dan NDWI yang tinggi sebesar 0,56 dan 0,44 dari grafik tersebut diketahui bahwa tingkat vegetasi dan tingkat kebasahan daerah Kabupaten Grobogan cukup rendah sehingga sebagian besar daerah ini didominasi oleh kelas kekeringan.



Gambar 4. Persebaran LST di daerah Agrikultur Kabupaten Grobogan.

Dari peta persebaran LST didapatkan tingkat suhu permukaan tertinggi berada di Kabupaten Grobogan bagian timur dan selatan. Rata-rata daerah yang terklasifikasi dengan kelas kekeringan tinggi memiliki tingkat LST yang tinggi juga. Pada tahun 2009, suhu permukaan jauh lebih panas

dibanding tahun-tahun lainnya. Sedangkan pada tahun 2014, suhu permukaan jauh lebih rendah dan diiringi dengan nilai NDDI yang berkurang.



Grafik 2. Rata-rata LST per 5 tahun

Klasifikasi tingkat kekeringan di Kabupaten Grobogan didukung dengan data LST yang di mana kekeringan tertinggi di tahun 2009 sebanding dengan rata-rata LST tertinggi dengan nilai 44,81°C. Tingkat kekeringan yang tinggi dengan suhu permukaan yang cukup panas akan membuat lahan agrikultur menjadi tidak produktif dengan suhu permukaan yang tinggi membuat tanaman tertentu susah bertahan hidup. Tingkat kekeringan yang tinggi juga disebabkan oleh tingkat curah hujan yang rendah <1500mm dengan penggunaan lahan yang didominasi oleh lahan pertanian terbuka di musim kemarau. Luasnya lahan agrikultur di Kabupaten Grobogan dan banyaknya masyarakat yang bergantung pada sektor pertanian menjadikan kondisi kekeringan ini menjadi masalah yang serius. Tingkat kekeringan yang tinggi menyebabkan tanaman tidak memproduksi dengan baik bahkan berisiko gagal panen jika tidak ada sumber air yang cukup untuk menghidupi tanaman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kekeringan sangat berat sangat merugikan untuk sektor agrikultur. Kabupaten Grobogan adalah salah satu kabupaten penyuplai padi terbesar di Jawa Tengah. Namun, kabupaten ini mengalami kekeringan tiap tahunnya yang dapat merusak hasil panen. Kekeringan berat dan sangat berat banyak terjadi di Kabupaten Grobogan bagian timur dengan seluas 16.580,199 ha pada tahun 2009 dan 10.901,866 ha pada tahun 1999.
2. Pada kurun waktu 1 dekade kekeringan tertinggi di Kabupaten Grobogan terjadi pada tahun 2009 di mana pada tahun tersebut indeks rata-rata NDDI mengalami peningkatan yaitu mencapai 0,469 dan rata-rata LST sebesar 44.8°C.

5.2 Saran

Kekeringan adalah bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Sebagai negara beriklim tropis alangkah baiknya kita mengantisipasinya dengan rancangan mitigasi yang tepat. Salah satu alternatif adalah membuat tampungan air di sekitar daerah yang digunakan untuk lahan pertanian, mengganti tanaman produksi yang tidak membutuhkan banyak air, serta sistem peringatan dini terhadap kekeringan. Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan untuk mengombinasikan data lapangan seperti air tanah agar dapat diperoleh penyelesaian secara spesifik.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Jurusan Teknik Geomatika UPN “Veteran” Yogyakarta atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kabupaten Grobogan. 2015. Rata-rata Hari Hujan dan Curah Hujan per Bulan Menurut Kecamatan / Tempat Pengamatan. 2015. <https://grobogankab.bps.go.id/statictable/2017/01/27/112/rata-rata-hari-hujan-dan-curah-hujan-per-bulan-menurut-kecamatan-tempat-pengamatan-2015.html>. Dikutip pada 20 Oktober 2020 pukul 11.00 WIB.
- Ermida, S.L., Soares, P., Mantas, V., Göttsche, F.M., Trigo, I.F. 2020. *Google Earth Engine Open-Source Code for Land Surface Temperature Estimation from the Landsat Series*. Remote Sens. 12, 1471.
- Gu, Y., Brown, J., Verdin, J. 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. 6. 10.1029/2006GL029127.
- Khairullah. 2009. *Pengertian Kekeringan dan Langkah-Langkah Mengantisipasinya*.
- Moreira, E.E., Mexia J.T., dan Pareira L.S. 2012. *Are drought occurrence and severity aggravating? A study on SPI drought class transitions using log-linear models and ANOVA-like inference*. Journal of Hydrology and Earth System Sciences. 16: 3011-3028. DOI: 10.5194/hess-16-3011-2012.
- Paski, J.A., Faski, G.I.S.L., Handoyo, M.F. and Pertiwi, D.A.S., 2017. *Analisis Neraca Air Lahan Untuk Tanaman Padi dan Jagung di Kota Bengkulu*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 15 (2), pp. 83-89.
- Pemerintah Kabupaten Grobogan. 2020. <https://www.grobogan.go.id/> dikutip pada 30 September 2020 pukul 19.00 WIB.
- Raharjo dan Dwi, P. 2010. *Teknik Pengindraan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Kekeringan Kabupaten Kebumen*. Jurnal Makara Teknologi, 14 (2), 97-105.
- Shofiyati, Rizatus. 2007. *Inderaja untuk Mengkaji Kekeringan di Lahan Pertanian*. Jurnal informatika pertanian volume 16 no.1, Juli 2007. Jakarta: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Sukojo, B.M., & Prayoga, M.P. 2018. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Spasial Tingkat Kekeringan Wilayah Kabupaten Tuban*. Geoid, 13 (1), 85-92.
- Suprianto, R.D. 2019. *Analisis Perubahan Lahan Perkebunan Terhadap Hasil Produksi Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya)*. Skripsi Thesis, ITN Malang.