

Monitoring Kekeringan Pertanian Kecamatan Garung Melalui Metode *Normalized Difference Drought Index (NDDI)* dan *Google Earth Engine*

Erma Wahyu Istiqomah^{1*}, Andry Rustanto¹

¹Universitas Indonesia, Indonesia

ABSTRACT

More than 40% of the land in Wonosobo Regency is used for dry agriculture, including fields and plantations, where drought is a major issue. Garung District, a sub-district in Wonosobo Regency, is particularly affected by drought in agricultural areas. This study aims to monitor the distribution of agricultural drought-affected land and assess its impact on cabbage vegetable production using the Normalized Difference Drought Index (NDDI) method. Drought measurements were conducted using a remote sensing data processing platform based on Google Earth Engine Computing. The data includes Sentinel-2A imagery acquired from January to December 2020-2023. The analysis results reveal that the pattern of agricultural land drought generally shows a concentration of drought indices in the central part in 2021, which then spreads more widely to the East, West, and North in the villages of Garung, Kayugiyang, Lengkong, Sindangsari, Gemblengan, and Siwuran. The highest level of drought index, at 0,25-1, occurred in 2021 and 2023 in Banaran Hamlet, Kayugiyang Village. Additionally, the El Nino phenomenon in 2023 caused the land to dry out more severely compared to the previous year. However, the agricultural drought in Garung District has not significantly impacted all agricultural areas, as farmers have adapted by using watering irrigation systems, such as extracting water from rivers and creating water channels from spring-fed platforms to create rain-fed ponds.

ABSTRAK

Lebih dari 40% penggunaan lahan di Kabupaten Wonosobo merupakan pertanian kering yang meliputi ladang dan perkebunan, dimana kekeringan termasuk salah satu masalah utama bagi lahan pertanian kering. Kecamatan Garung merupakan Kecamatan di Kabupaten Wonosobo yang terdampak adanya kekeringan lahan pertanian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitoring sebaran lahan kekeringan pertanian dan mengidentifikasi bagaimana pengaruhnya terhadap produksi sayuran kubis berdasarkan perhitungan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI). Pengukuran kekeringan dilakukan dengan menggunakan platform pengolahan data penginderaan jauh berbasis Computing Google Earth Engine. Adapun data yang digunakan meliputi Citra Sentinel-2A akuisisi bulan Januari hingga Desember 2020-2023. Hasil analisis menunjukkan jika pola sebaran kekeringan lahan pertanian umumnya memiliki konsentrasi indeks kekeringan pada bagian tengah pada tahun 2021, kemudian menyebar lebih luas ke arah Timur, Barat, dan ke Utara, yang berturut-turut berada di Desa Desa Garung, Kayugiyang, Lengkong, Sindangsari, Gemblengan dan Siwuran sebagai tingkat tertinggi berkisar 0,25-1 yang terjadi pada tahun 2021 dan 2023 di Dusun Banaran, Desa Kayugiyang. Disisi lain fenomena El Nino pada tahun 2023 menyebabkan keringnya lahan yang cukup parah jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Meski demikian, kekeringan pertanian di Kecamatan Garung tidak sepenuhnya memberikan dampak yang parah terhadap seluruh wilayah pertanian, sebab para petani telah beradaptasi dengan sistem irigasi penyiraman, seperti adaptasi melalui penyedotan air dari sungai dan membuat saluran air dari peralon yang bersumber dari mata air, hingga membuat kolam tadah hujan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan penduduknya sebagian besar bermata pencaharian sebagai petani (Nurlaila Mubarakah, 2020). Jenis lahan pertanian di Indonesia terdiri dari lahan pertanian kering seluas 144,47 juta ha, sebesar 99,65 juta ha atau 68,98 persennya dapat digunakan untuk pertanian, namun seluas 44,82 juta ha yang terakhir tidak dapat digunakan untuk pertanian, dan sebagian besarnya lagi terletak di kawasan hutan, dimana dari 76 juta hektar terletak di dataran rendah hingga tinggi (Balitbang Pertanian, 2015; Nani Heryani, 2019).

KONTAK

erma.wahyu@ui.ac.id

KATA KUNCI

Google Earth Engine,
Kekeringan Pertanian, NDDI

Salah satu keunikan Kabupaten Wonosobo jika ditinjau dari aspek geologi adalah memiliki kesuburan tanah yang tinggi, sehingga lebih dari 40% penggunaan lahan di Kabupaten Wonosobo berasal dari kelas pertanian dan perkebunan yang meliputi perkebunan campuran, ladang/tegalan, dan sawah (Tiara Ana Ndofah, 2023). Namun demikian, setengah dari total luasan lahan pertanian Kabupaten Wonosobo merupakan pertanian kering seluas 42.000 hektar tegalan dan 17.144 hektar sawah (Wiwit Rahayu, 2020). Adapun masalah utama bagi pertanian lahan kering adalah erosi, khususnya pada lahan pertanian yang terletak di lereng curam dengan kondisi minimnya vegetasi, sehingga kesuburan tanah berkurang karena erosi yang berkelanjutan, dan mengganggu kelembapan lahan (Setiawan, 2007; Tiara Ana Ndofah, 2023).

Saat ini yang menjadi perhatian khusus oleh peneliti di Kabupaten Wonosobo adalah adanya ancaman kekeringan, sebab akibat yang ditimbulkan adalah terganggunya irigasi pertanian di 7 Desa pada 3 Kecamatan di tahun 2023, yang meliputi Desa Kayugiyang di Kecamatan Garung, Desa Tempurejo di Kecamatan Kalibawang, dan lima desa di Kecamatan Wadaslintang, yaitu Desa Trimulyo, Desa Somagede, Desa Tirip, Desa Kemejing, dan Desa Lancar (BNPB, 2023). Dimana Kecamatan tersebut termasuk dalam wilayah yang mempunyai luasan lahan pertanian seperti ladang/tegalan dan kebun campuran yang paling luas jika dibandingkan dengan Kecamatan lainnya di Kabupaten Wonosobo (Baperlitbang Wonosobo, 2020). Sehingga hal ini dapat berdampak pada penurunan jumlah produksi pertanian di Kabupaten Wonosobo, khususnya pada pertanian sayuran seperti ladang yang banyak ditanami sayuran kentang, dan kubis yang telah mengalami penurunan dari 617,857 kuintal/ha pada tahun 2022 menjadi 536,570 kuintal/ha pada tahun 2023 untuk komoditas kentang, dan penurunan produksi kubis sebesar 501,279 kuintal/ha menjadi 385,785 kuintal/ha dari tahun 2022 ke tahun 2023 (BPS Wonosobo, 2024)

Umumnya kekeringan di Kabupaten Wonosobo bersamaan dengan terjadinya musim kemarau yang dimulai pada Bulan Juni hingga Oktober, dengan puncaknya di bulan Agustus dan diperparah dengan fenomena El Nino pada tahun 2023 (Climate.gov, 2023). Jenis kekeringan yang terjadi adalah kekeringan meteorologis, dimana kekeringan ini merupakan indikasi pertama penyebab kekeringan pertanian, karena berkaitan dengan jumlah maupun intensitas, serta durasi hujan yang turun di bawah kondisi normal (Andi Ihwana, 2019; Dyah Dhani Mustikarini, 2022). Sehingga, lebih lanjut fenomena tersebut memberikan dampak terhadap kekeringan pertanian, yang merupakan kondisi saat kelembapan lahan pertanian turun, menyebabkan tanaman mengalami keterlambatan pertumbuhan, tanpa mempertimbangkan ketersediaan sumber daya air tanah (ground water) (Wilhite dan Glantz, 1985; Rista Nur Aini et al, 2019).

Dengan demikian melakukan pemetaan terhadap lahan pertanian yang berpotensi mengalami kekeringan di Kabupaten Wonosobo merupakan sebuah urgensi sebagai peringatan dini atau early warning system terhadap dampak kerugian kekeringan pada pertanian (Kukuh dan Ananto, 2021). Karenanya salah satu strategi monitoring yang dikembangkan dalam penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi dan melakukan pemantauan terhadap kekeringan ialah melalui penginderaan jauh melalui indeks-indeks seperti Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Drought Index (NDDI), dan Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) (Kuswaji Dwi Priyono, 2023).

Dalam penelitian ini identifikasi kekeringan pada lahan kering pertanian menggunakan metode Normalized Difference Drought Index (NDDI) dengan data tambahan citra Sentinel-2A (Bowo Eko Cahyono, 2023). NDDI merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh Gu dkk pada tahun 2007, yang menggabungkan parameter vegetasi kehijauan (NDVI) dan kelembapan lahan dan vegetasi (NDWI), sehingga menunjukkan respon yang lebih baik terhadap kekeringan pertanian, sebab jika hanya menggunakan salah satu indeks saja seperti perbedaan normal vegetasi (NDVI) ataupun indeks perbedaan air normal (NDWI) ternyata kurang cocok digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan pada lahan pertanian (Agus Suprihatin Utomo, 2022). Disisi lain kemampuan NDDI tidak hanya sebagai indikator kebakaran hutan, akan tetapi mempunyai kelebihan dapat digunakan untuk memproyeksikan kelembapan tanah selama musim kemarau berdasarkan kondisi kekeringan lahan (Burapapol dan Nagasawa, 2016; Alifah Noraini, 2022).

Melakukan pemetaan tingkat kekeringan dan persebarannya pada lahan pertanian, Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo sebagai monitoring dan early warning system terhadap kerugian produksi pertanian, terkhusus pertanian kubis yang dapat ditimbulkan oleh bencana kekeringan merupakan urgensi yang melatarbelakangi penelitian ini. Adapun penelitian ini akan menjawab pertanyaan penelitian yang berhubungan dengan a) Bagaimana Persebaran Tingkat Kekeringan Pertanian di Kecamatan Garung, Berdasarkan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI)? dan b) Bagaimana Pengaruh Kekeringan Pertanian Terhadap Produksi Pertanian Sayur Kubis di Kecamatan Garung, Berdasarkan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI)?

METODOLOGI

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi software ArcGIS Pro 10.8 untuk proses pemetaan kekeringan dan layouting peta, platform Google Earth Engine untuk pemrosesan olah data NDDI, AVENZA MAPS digunakan saat survei lapang, Microsoft Word guna penulisan laporan, dan Microsoft Excel yang digunakan untuk perhitungan statistik hubungan produksi pertanian terhadap kekeringan pertanian. Adapun data yang digunakan untuk pengolahan algoritma NDDI adalah data Sentinel-2A akuisisi bulan Januari hingga Desember tahun 2020-2023 yang diolah melalui platform Google Earth Engine. Penggunaan Citra Sentinel-2A dipilih karena mempunyai keunggulan berupa resolusi spasial yang tinggi seperti dilengkapi 13 band berbeda yakni 4 band resolusi 10 meter, 6 band resolusi 20 meter dan 3 resolusi 60 meter (Fandi Dwi Julianto, 2020)

Penelitian ini menggunakan mix metode, dimana teknik penginderaan jauh digunakan untuk melakukan pengolahan data, seperti proses pengolahan data meliputi filtering citra, cloud masking, perhitungan indeks vegetasi, dan perhitungan indeks kekeringan NDDI, menggunakan bantuan platform GEE (Muhamad Khairul Rosyidy, 2021) dan survei di lapangan untuk verifikasi data yang telah dianalisis menggunakan ArcGIS Pro, termasuk melakukan wawancara dan dokumentasi guna validasi di lapangan.

Pengolahan NDDI dilakukan melalui operasi perhitungan selisih indeks vegetasi (NDVI) dan kelembapan lahan (NDWI) kemudian dibagi dengan hasil operasi antar indeks tersebut. Keduanya mempunyai fungsi untuk mendeteksi kekeringan pada wilayah permukaan tanah yang tidak termasuk dalam cadangan air tanah yang tersimpan dikedalaman lebih dari 5 meter dibawah permukaan tanah. Berikut pada persamaan 1, 2 dan 3 berturut-turut merupakan rumus indeks NDVI, NDWI, dan NDDI.

$$NDVI = ((NIR-RED))/((NIR+RED)) \quad (1)$$

$$NDWI = ((NIR-SWIR1))/((NIR+SWIR1)) \quad (2)$$

$$NDDI = ((NDVI-NDWI))/((NDWI+NDVI)) \quad (3)$$

Analisis NDDI yang berhasil ditandai dengan diperolehnya informasi tingkat kerapatan atau kesehatan vegetasi (NDVI) dan didukung dengan kondisi kebasahan tanah (NDDI). Karenanya NDDI memiliki respons sebagai deteksi kekeringan yang lebih sensitif dan peka terhadap kondisi lingkungannya. Terdapat enam kelas klasifikasi NDDI, dengan nilai yang semakin mendekati -0.05 mengindikasikan kebasahan tanah yang tinggi, sedangkan jika mendekati +1 menunjukkan adanya kekeringan. Berikut pada Tabel 1. disajikan kelas nilai NDDI dan keterangan kekeringannya.

Tabel 1. Klasifikasi Kekeringan Berdasarkan Nilai Indeks NDDI

No	Nilai NDDI	Keterangan
1	-0,05-0,01	Normal
2	0,01-0,15	Ringan
3	0,15-0,25	Sedang
4	0,25-1	Tinggi
5	>gfff1	Sangat Tinggi

Metode penelitian dibuat dalam paragraf. Tujuan penelitian, tempat tidak perlu dimasukkan, hanya perlu bagian yang menjelaskan metode apa yang dilakukan, dan tahapan apa yang dilakukan. Paragraf ini menggunakan justity dengan baris kedua menjorok 0.5 cm. linespacingnya 1. Cara menggunakan template ini hanya tinggal blok paragraf ini dan paste (Dadan, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

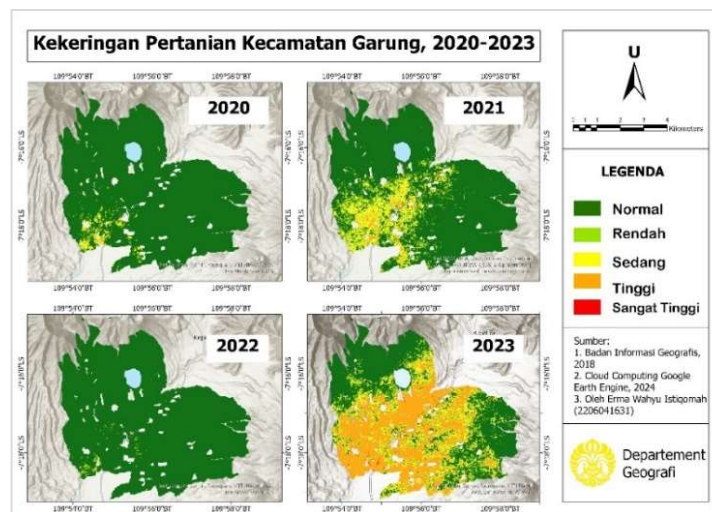
Pola Sebaran Kekeringan Pertanian Berdasarkan Indeks NDDI

Berdasarkan hasil perhitungan kekeringan melalui indeks NDDI, sebaran kekeringan pertanian di Kecamatan Garung terklasifikasi menjadi lima kelas yang didapati berada pada kisaran nilai -1 hingga 1. Pada Tabel 2, nilai indeks kekeringan lahan pertanian yang mendekati nilai -1 menunjukkan bahwa kekeringan dalam kondisi normal dan semakin mendekati 1 maka kekeringan lahan pertanian cenderung tinggi. Berikut disajikan luasan dari tiap kelas kekeringan pertanian di Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo tahun 2020-2023.

Tabel 2. Luas Area (%) kekeringan Pertanian Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo, Berdasarkan Indeks NDDI Tahun 2020-2023 (Sumber: Olah data Peneliti, 2024)

Nilai NDDI	Keterangan	2020	2021	2022	2023
-0,05-0,01	Normal	85,79	57,19	81,98	38,13
0,01-0,15	Ringan	10,48	27,64	12,39	23,83
0,15-0,25	Sedang	2,85	10,29	4,76	33,36
0,25-1	Tinggi	0,85	4,67	0,85	4,38
>1	sangat Tinggi	0	0,19	0	0,28
Jumlah		100	100	100	100

Gambar 1 menyajikan sebaran kekeringan pada lahan pertanian Kecamatan Garung yang umumnya memiliki konsentrasi indeks kekeringan tertinggi pada bagian tengah (cekungan) pada tahun 2021, kemudian menyebar lebih luas ke arah Timur, Barat, dan ke Utara, yang ditunjukkan berdasarkan informasi warna orange dan merah sebagai tingkat tertinggi sebesar 1,17 yang terjadi pada tahun 2021 dan 2023.



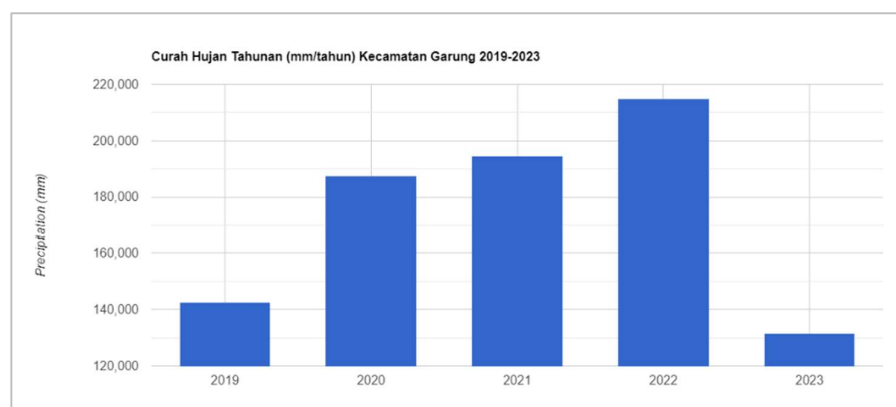
Gambar 1. Peta Pola Sebaran Tingkat Kekeringan Pertanian Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo, Berdasarkan Indeks NDDI Tahun 2020-2023 (Sumber: Olah data Peneliti, 2024)

Pola sebaran spasial dan temporal Kekeringan lahan pertanian di kecamatan Garung, menunjukkan terbagi di wilayah bagian Tengah, Barat daya, serta sedikit ke bagian timur, yang termasuk Desa Mlandi, Laragan, Menjer, Kuripan dan Jengkol pada tahun 2020 dan 2022 dengan indeks kekeringan pertanian cenderung normal hingga sedang dalam kisaran nilai sebesar -0,1 hingga 0,25. Namun demikian wilayah bagian sisi Timur dan Tenggara yang meliputi Desa Garung, Kayugiyang, Lengkong, Sindangsari, Gembengan dan Siwuran pada tahun ganjil seperti tahun 2021 dan 2023 mempunyai nilai indeks kekeringan lahan pertanian yang sedang, hingga tinggi serta sangat tinggi berkisar 0,27-1,17. Hal ini mengindikasi jika lahan yang berada dalam wilayah tersebut mempunyai kelembapan yang rendah jika dibandingkan dengan wilayah di bagian barat, dan mempunyai kekeringan yang cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 2020 dan 2022 yang didominasi dengan kisaran nilai -1 hingga 0,25.

Luasan Sebaran kekeringan pada Gambar 2, berupa grafik mengidentifikasi bahwa perbandingan lahan pertanian yang normal lebih luas dari lahan pertanian yang mengalami kekeringan, yakni berkisar 4200 Ha atau sebesar 82-85% dari total luasan sebesar 5245,82. Sedangkan luasan wilayah kekeringan kelas tinggi tercatat hanya 4,67% pada tahun 2021 dan 4,38% di tahun 2023 dari luasan total wilayah yang terdampak kekeringan. Meski demikian, fenomena keringnya lahan pertanian tetap memberikan pengaruh terhadap aktifitas pertanian, seperti proses pertumbuhan tanaman dalam memerlukan air, tambahan biaya untuk penyedotan air dari sungai untuk kebutuhan penyiraman, hingga kerugian karena berkurangnya hasil panen.



Gambar 2. Luas Kekeringan Pada Lahan Pertanian Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo, Berdasarkan Indeks NDDI Tahun 2020-2023 (Sumber: Olah data Peneliti, 2024)



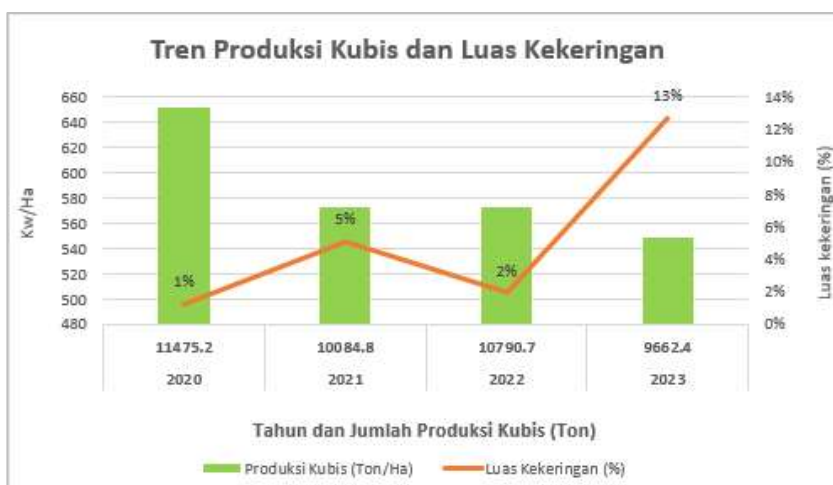
Gambar 3. Grafik Curah Hujan Kecamatan Garung, Kabupaten Wonosobo 2019-2023 (Sumber: Olah data Peneliti melalui Google Earth Engine, 2024)

Adapun jika ditinjau dari indeks kekeringan temporal dari tahun 2020 hingga 2023, pola kekeringan pertanian kecamatan Garung didapati memiliki pola yang unik, dimana nilai indeks kekeringan pada tahun genap seperti tahun 2020 dan 2022 lahan pertanian dalam kondisi normal, namun pada tahun ganjil yakni pada tahun 2021 dan 2023 mengalami kenaikan kekeringan lahan dengan puncak tertinggi kekeringan di tahun 2023. Sebab pada bulan Agustus hingga November 2023 terjadi fluktuasi kenaikan suhu panas dari fenomena El Nino yang menyebabkan keringnya lahan yang cukup parah jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Disisi lain fenomena El Nino yang terjadi juga mempengaruhi intensitas curah hujan pada tahun 2023, pemaparan atas perubahan intensitas curah hujan 2020-2023 dapat dilihat pada Gambar 3.

Hubungan Kekeringan Pertanian Terhadap Produksi Pertanian Kubis

Grafik tren produksi kubis yang ditunjukkan pada Gambar 4 tahun 2020-2023, menunjukkan bahwa kondisi kekeringan yang tinggi cenderung mempengaruhi hasil produksi pertanian sayuran kubis, dimana pada tahun 2020 jumlah produksi kubis mencapai 11475,2 ton, dengan luas panen 652 Hektar, akan tetapi pada tahun 2021 mengalami penurunan produksi sebesar 10084,8 yang diikuti dengan kenaikan luas lahan yang terdampak kekeringan. Hal ini dapat terjadi karena tanaman kubis akan lebih optimal pada lahan pertanian kering yang normal dengan pengairan yang cukup. Akan tetapi jika kemarau berkepanjangan, sistem irigasi akan terganggu dan kelembapan tanah menurun. Sebab berdasarkan observasi lapangan dan wawancara, sistem irigasi pertanian di

Kecamatan Garung umumnya memanfaatkan air hujan, dan penyedotan air sungai menggunakan selang yang kemudian disalurkan pada kolam buatan untuk menampung air untuk kebutuhan penyiraman.



Gambar 4. Grafik Hubungan Perubahan Jumlah Produksi Pertanian Kubis dan Luas Kekeringan (Kelas Sedang, Tinggi, dan Sangat Tinggi) Kecamatan Garung Tahun 2019-2023 (Sumber: Olah data Peneliti melalui Google Earth Engine, 2024)

Adapun wilayah yang terdampak nyata atas kejadian kekeringan pada tahun 2023 adalah Desa Banaran yang mengalami gagal panen sayuran kentang dan kubis sehingga mengalami kerugian. Tanaman kentang umumnya lebih cocok pada sistem pertanian lahan kering, namun demikian jika kekeringan berlangsung dalam waktu yang lama pertumbuhan tanaman akan terhambat dan ukuran kentang cenderung akan lebih kecil dari ukuran normalnya. Hasil pemetaan kekeringan menggunakan indeks kekeringan NDDI dan grafik perhitungan hubungan kekeringan lahan pertanian terhadap produksi pertanian sayuran kubis, cukup akurat dengan kondisi di lapangan, hal ini dapat dibuktikan pada Gambar 4 yang merupakan grafik hasil perhitungan jumlah produksi kubis dengan luasan lahan kekeringan yang sejalan dengan pengamatan di Lapangan. Namun demikian, kekeringan pertanian di Kecamatan Garung tidak sepenuhnya memberikan dampak yang parah terhadap seluruh wilayah pertanian, sebab para petani telah beradaptasi dengan kebutuhan air untuk penyiraman supaya terenuhi, seperti adaptasi melalui penyedotan air dari sungai dan membuat saluran air dari peralon yang bersumber dari mata air, hingga membuat kolam tadah hujan.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa, selama empat tahun, indeks kekeringan temporal dari tahun 2020 hingga 2023, pola kekeringan pertanian kecamatan Garung didapati memiliki pola yang unik, dimana nilai indeks kekeringan pada tahun genap seperti tahun 2020 dan 2022 lahan pertanian dalam kondisi normal, namun pada tahun ganjil yakni pada tahun 2021 dan 2023 mengalami kenaikan kekeringan lahan dengan puncak tertinggi kekeringan di tahun 2023. Sebab pada bulan Agustus hingga November 2023 terjadi fluktuasi kenaikan suhu panas dari fenomena El Nino yang menyebabkan keringnya lahan yang cukup parah jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Disisi lain fenomena El Nino yang terjadi juga cukup mempengaruhi intensitas curah hujan pada tahun 2023. Salah satu wilayah yang terdampak nyata atas kejadian kekeringan pada tahun 2023 adalah Desa Banaran yang mengalami penurunan hasil panen sayuran kentang dan kubis hingga mengalami kerugian. Sebab, tanaman kentang umumnya lebih cocok pada sistem pertanian lahan kering, namun demikian jika kekeringan berlangsung dalam waktu yang lama pertumbuhan tanaman akan terhambat dan ukuran kentang cenderung akan lebih kecil dari ukuran normalnya. Namun demikian, kekeringan pertanian di Kecamatan Garung tidak sepenuhnya memberikan dampak yang parah terhadap seluruh wilayah pertanian, sebab para petani telah beradaptasi dengan kebutuhan air untuk penyiraman supaya terenuhi, seperti adaptasi melalui penyedotan air dari sungai dan membuat saluran air dari peralon yang bersumber dari mata air, hingga membuat kolam tadah hujan.

REFERENSI

- Agus Suprihatin Utomo, M. P. (2022). Analisis Spasial Temporal Zona Rawan Kekeringan Pertanian Berbasis Remote Sensing. *VOLUME 11 No. 2, 22*, 112-127.
- Alifah Noraini, M. E. (2022). Identifikasi Kekeringan Lahan Kabupaten Lamongan Berdasarkan Citra Satelit. *Buletin Poltanesa Vol. 23 No. 1*, 335-343.
- Andi Ihwana, H. P. (2019). Analisis Karakteristik Kekeringan DAS Kapuas Kalimantan Barat Berdasarkan Luaran Global Climate Model. *POSITRON Vol. 9, No. 2*, 74 - 80.
- Archery, H. (2023). Analisis Potensi Kekeringan Hidrologis di Kecamatan Blora, Bogorejo, dan Jepon, Kabupaten Blora. 1-20.
- Bambang Sayaka, W. T. (2022). Farmers' and Government's Efforts to Cope with Drought Disaster. *Forum Penelitian Agro Ekonomi, Vol. 40 No. 1*, 25-38 .
- BNPB. (2023, November 13). *Laporan Harian PUSDALOPS BNPB* . Retrieved from pusdalops.bnpb.go.id
- Bowo Eko Cahyono, R. R. (2023). Analisis Produktivitas Padi Berdasarkan Indeks Kekeringan (NDWI dan NDDI) Lahan Sawah Menggunakan Data Citra Satelit 2A di Kecamatan Ambulu . *Indonesian Journal of Applied Physics (IJAP) Vol. 13 No. 1*, 88-99.
- Dedi Gustian, A. N. (2014). *Politik Ruang dan Perlawanan: Kisah Konflik Atas Ruang Di Tingkat Lokaek*. Bandung: Jaringan Kerja Pemetaan Partisipatif (JKPP).
- Dyah Dhani Mustikarini, K. d. (2022). Analisis Hubungan Urban Heat Island Terhadap Indeks Kekeringan Meteorologis di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil, Vol. 5 No. 2*, 109-114.
- government, C. (2023, January). <https://www.climate.gov/>. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/january-2023-la-nina-update-and-enso-blog-investigates-part-2>
- Ilham, M. F. (2020). Optimasi Alokasi Penggunaan Lahan Kawasan DAS Serayu Hulu di Kecamatan Kejajar Berbasis Mitigasi Erosi.
- Kim W, I. T. (2019). Global patterns of crop production losses associated with droughts from 1983 to 2009. . *J Appl Meteorol Climatol 58*:. doi: 10.1175/JAMC-D-18-0174.1, 1233–1244.
- Kuswaji Dwi Priyono, L. A. (2023). Identifikasi Kekeringan Lahan Pertanian Berdasarkan Metode Temperature Vegetation Dryness Index (TDVI) Pada Citra Landsat-8 OLI/TIRS di Kabupaten Madiun Jawa Timur. *LaGeografia 21 (2)*, 139-151.
- Mochammad Fajar Fadlillah, R. H. (2018). Analisis Kekeringan Hidrologi Berdasarkan Metode Normalized Vegetation Index (NDVI) di Daerah Aliran Sungai Alang Kabupaten Wonogiri. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 34-44.
- Muhamad Khairul Rosyidy, A. R. (2021). Aplikasi Google Earth Engine Untuk Pemantauan Kekeringan Pertanian di Kabupaten Lombok. 335-346.
- Nani Heryani, d. P. (2019). Pengembangan Pertanian Lahan Kering Iklim Kering Melalui Implementasi Panca Kelola Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 13 No. 2*, 63-71.
- Ni Ketut Feny, M. P. (2021). Pengaruh Kekeringan Pada Produksi Tanaman Padi di Kabupaten Majalengka Dengan Penginderaan Jauh Metode NDVI. *Jurnal Geosaintek, Vol. 7 No. 1*, 17-26.
- Nurlaila Mubarakah, L. M. (2020). Analisis Daya Dukung Lahan Pertanian Tanaman Pangan Daerah Aliran Sungai Cibaliung, Provinsi Banten. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Vol. 25 (1)*, 73-80.
- Pamungkas, G. B. (2023). Analisis Kekeringan Berbasis Remote Sensing dengan Metode Normalized Difference Drought Index (NDDI) secara Multi-Years. *Jurnal Reksabumi, Volume 2 Nomor 2*, 139-141.
- PUPR. (2019). *Monitoring dan Prediksi Kekeringan Hidrologi dalam Konteks Management Risiko Bencana Serta Kaitannya dengan Perubahan Iklim*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan .
- Rista Nur Aini, R. S. (2019). Pola Sebaran Kekeringan Lahan Pertanian Kabupaten Serang Dengan Menggunakan Algoritma NDDI . *Prosiding Simposium Infrastruktur Informasi Geospasial* , 44-58.
- Tengah, B. J. (2018). *Provinsi Jawa Tengah dalam Angka tahun 2018*. Badan Pusat Statistik Jawa Tengah, Semarang.
- Tiara Ana Ndofoh, P. B. (2023). Evaluasi Penggunaan Lahan Mengacu pada Indeks Potensi Lahan dan Kesesuaiannya Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah di Kabupaten Wonosobo. *JGISE Vol. 6 No 2*, 87 - 102.
- Wiwit Rahayu, U. B. (2020). Development Strategy of Maize Farming on Dry Land In Wonosobo Regency. *AGRISEP Vol. 19 No. 1* , 207 – 218.
- Wonosobo, B. (2020). *KLHS RPJMD Kabupaten Wonosobo*. Wonosobo.
- Wonosobo, B. (2024). *Kabupaten Wonosobo dalam Angka 2024*. Wonosobo: Badan Pusat Statistik Wonosobo.