

## Dinamika Indeks Kekeringan Terhadap Perubahan Iklim Di Sub-DAS *Upper Brantas, Jawa Timur*

Mahmud Zakariyah<sup>1\*</sup>, Novi Silvia<sup>1</sup>, Dan Evi Fitriana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia 65415

\*E-mail: [mahmud.zakariyah.2107226@students.um.ac.id](mailto:mahmud.zakariyah.2107226@students.um.ac.id)

Received: 28 05 2024 / Accepted: 27 12 2024 / Published online: 30 01 2025

### ABSTRAK

Kekeringan merupakan salah satu dampak signifikan perubahan iklim yang mempengaruhi ketersediaan air, produktivitas pertanian, dan keberlanjutan ekosistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks kekeringan di wilayah Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Upper Brantas, yang berperan penting dalam sektor pertanian masyarakat setempat. Indeks kekeringan dihitung berdasarkan rasio presipitasi tahunan terhadap potensi evapotranspirasi tahunan, dengan data presipitasi dan evapotranspirasi diperoleh dari *Global Agro Ecological Zone (GAEZ) V4 Data Portal*. Penelitian ini memanfaatkan skenario perubahan iklim *Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5* dan *RCP 8.5* pada empat periode waktu: 1981–2010, 2011–2040, 2041–2070, dan 2071–2100. Hasil menunjukkan bahwa presipitasi cenderung menurun di bawah RCP 4.5, sedangkan RCP 8.5 menunjukkan fluktuasi, namun tetap lebih tinggi dibandingkan nilai RCP 4.5. Sebaliknya, potensi evapotranspirasi menunjukkan peningkatan signifikan, terutama pada skenario RCP 8.5. Kombinasi perubahan ini menghasilkan pola indeks kekeringan yang cenderung menurun, sehingga wilayah Sub-DAS Upper Brantas semakin kering, dengan dampak lebih buruk pada skenario RCP 8.5. Analisis spasial mengungkapkan korelasi negatif yang kuat antara potensi evapotranspirasi dan indeks kekeringan, menegaskan peran evapotranspirasi dalam memperburuk kondisi kekeringan. Penelitian ini dapat menjadi dasar rekomendasi melalui penegasan urgensi adaptasi terhadap perubahan iklim, seperti pengelolaan sumber daya air, peningkatan kapasitas petani, dan optimalisasi praktik pertanian berkelanjutan, guna meminimalkan dampak kekeringan terhadap keberlanjutan wilayah SubDAS Upper Brantas.

**Kata Kunci:** Indeks Kekeringan, Perubahan Iklim, *Representative Concentration Pathways*

### ABSTRACT

*Drought is one of the significant impacts of climate change that affects water availability, agricultural productivity and ecosystem sustainability. This research aims to analyze the drought index in the Upper Brantas River Sub-Watershed (DAS) area, which plays an important role in the agricultural sector of the local community. The drought index is calculated based on the ratio of annual precipitation to annual potential evapotranspiration, with precipitation and evapotranspiration data obtained from the Global Agro Ecological Zone (GAEZ) V4 Data Portal. This research utilizes the Representative Concentration Pathways (RCP) 4.5 and RCP 8.5 climate change scenarios in four time periods: 1981–2010, 2011–2040, 2041–2070, and 2071–2100. The results show that precipitation tends to decrease under RCP 4.5, while RCP 8.5 shows fluctuations, but remains higher than the RCP 4.5 value. In contrast, potential evapotranspiration shows a significant increase, especially in the RCP 8.5 scenario. The combination of these changes produces a drought index pattern that tends to decrease, so that the Upper Brantas Subwatershed area becomes drier, with worse impacts in the RCP 8.5 scenario. Spatial analysis revealed a strong negative correlation between potential evapotranspiration and drought indices,*

*confirming the role of evapotranspiration in exacerbating drought conditions. This research can be the basis for recommendations by emphasizing the urgency of adaptation to climate change, such as managing water resources, increasing farmer capacity, and optimizing sustainable agricultural practices, in order to minimize the impact of drought on the sustainability of the Upper Brantas Subwatershed area.*

**Keywords:** *Aridity Index, Climate Change, Representative Concentration Pathways*

## PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan suatu keadaan kurangnya presipitasi dalam kurun waktu tertentu yang dapat menyebabkan kekurangan air (Venus, 2009). Kekeringan terjadi secara perlahan dengan durasi hingga tibanya musim hujan berikutnya. Kekeringan juga menimbulkan dampak lintas sektoral seperti ekonomi, sosial, kesehatan, dan pendidikan. Selain kekurangan air, Kekeringan juga menimbulkan akibat lain yaitu berkurangnya produksi pertanian, terjadinya kelaparan, bahkan memakan korban jiwa (BNPB, 2016).

Salah satu faktor yang dapat meningkatkan intensitas kekeringan suatu wilayah adalah perubahan iklim (Masruroh et al., 2022). Kekeringan merupakan pengaruh variabilitas iklim yang terjadi akibat berkurangnya presipitasi. Kemudian presipitasi mempunyai peranan penting terkait tinggi rendahnya produktivitas tanaman (Nafisah et al., 2019). Kondisi yang sangat memprihatinkan terjadi di wilayah Sub-DAS Upper Brantas yang meliputi Kota Batu, dan sebagian Kabupaten Malang, mengingat kawasan ini digunakan sebagai lahan pertanian penyediaan pangan masyarakat yang sebagian besar ditanami tanaman semusim (Muttaqin, 2017). Kehidupan masyarakat di Sub-DAS Upper Brantas terpuruk karena pertanian merupakan mata pencaharian sebagian besar masyarakat akibat Kekeringan yang terjadi secara terus-menerus.

Kekeringan akibat perubahan iklim dapat berdampak pada produktivitas pertanian di Sub-DAS Upper Brantas dan sekitarnya telah dibuktikan melalui

beberapa penelitian. Herlina (2019) menyatakan bahwa perubahan suhu dan waktu tanam menyebabkan produktivitas jagung di Kabupaten Malang menurun. Kemudian Pramasani (2018) menyatakan bahwa perubahan iklim mempunyai pengaruh terhadap produktivitas padi di Kabupaten Malang. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Zaini (2022) bahwa unsur iklim seperti presipitasi dan hari hujan sangat menentukan produktivitas tanaman padi di Kabupaten Malang. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terkait Kekeringan akibat perubahan iklim di Sub-DAS Upper Brantas.

Indeks kekeringan merupakan salah satu cara untuk memahami Kekeringan akibat perubahan iklim yang telah banyak digunakan oleh beberapa organisasi seperti UNEP, FAO, dan UNCCD. Metode ini mudah digunakan untuk penyelidikan ilmiah, pemantauan teritorial, dan klasifikasi (Salvati et al, 2012; Calantoni et al, 2015). Indeks kekeringan merupakan nilai perbandingan antara total presipitasi tahunan dengan potensi evapotranspirasi tahunan (Zomer, 2022). Potensi evapotranspirasi berhubungan dengan kondisi kemampuan atmosfer untuk mengeluarkan air melalui proses yang disebut evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan dan berhubungan dengan radiasi matahari, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, dan karakteristik tumbuhan tertentu serta praktek pengelolaannya (Jensen et al, 2016). Singkatnya, Indeks Kekeringan merupakan perbandingan antara air yang dibawa ke permukaan sistem bumi yang kemudian disusupi oleh air yang kembali

mengalami evapotranspirasi dalam siklus hidrologi.

Analisis indeks kekeringan akibat perubahan iklim dapat dilakukan dengan skenario perubahan iklim yaitu skenario *Representative Concentration Pathways* (RCP). RCP merupakan skenario peningkatan gas rumah kaca, aerosol, dan gas aktif kimia lainnya dengan memberikan lebih dari satu kemungkinan terkait karakteristik gaya radian yang diambil berdasarkan lintasan dalam waktu (IPCC, 2014). Oleh karena itu, ada empat jenis RCP. Skenario emisi terendah yang mencapai puncaknya pada pertengahan abad ke-21 kemudian menurun dengan cepat disebut RCP 2.6. Kemudian skenario moderat yang mewakili emisi mencapai puncaknya pada pertengahan abad ke-21 dan kemudian menurun secara perlahan disebut RCP 4.5. RCP 6.0 merupakan skenario yang stabil pada pertengahan abad ini dan tetap konstan setelahnya. RCP 8.5 merupakan skenario emisi tertinggi yang mengindikasikan emisi terus meningkat sepanjang Abad Kedua Puluh Satu (Met Office, 2018; Thanvisitthapon et al., 2023). Indonesia sendiri menggunakan skenario RCP 4.5 sebagai sesuatu yang masuk akal (KLHK, 2021).

Analisis indeks kekeringan dengan menggunakan *aridity index* di Upper Brantas mempertimbangkan kondisi masa depan dengan skenario perubahan iklim RCP 4.5 dan RCP 8.5 belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian sebelumnya masih berfokus pada penerapan *standard precipitation index* 3 dan 6 bulanan untuk identifikasi kekeringan (Septiani & Arifianto, 2020). Kemudian penelitian Shofyati et al (2012) lebih ke arah penerapan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk monitoring kekeringan di Upper Brantas.

Maksud atau tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi indeks Kekeringan di Sub-DAS Upper Brantas pada empat periode yaitu tahun 1981

sampai dengan tahun 2010, tahun 2011 sampai tahun 2040, tahun 2041 sampai tahun 2070, dan tahun 2071 sampai tahun 2100. Penelitian ini hanya sebatas penggunaan RCP 4.5 dan RCP8.5. RCP 4.5 digunakan untuk memberikan gambaran kebijakan negara Indonesia dalam aksi penanganan perubahan iklim, sehingga akan mengarah pada pertimbangan jika kebijakan tersebut diterapkan dengan baik akan berkaitan dengan pengurangan dampak perubahan iklim, sedangkan RCP 8.5 digunakan untuk memberikan gambaran terburuk jika kebijakan pengelolaan perubahan iklim tidak dapat dilaksanakan dengan baik (KLHK 2021; Zakaryiah et al., 2024).

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi Penelitian

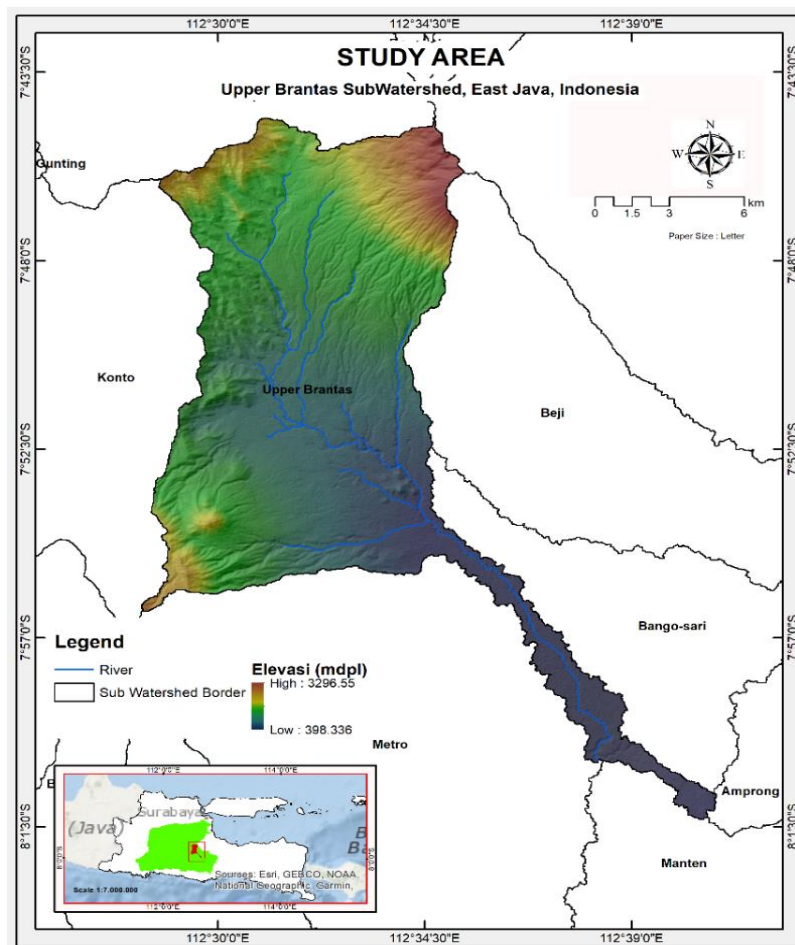
Lokasi penelitian berada pada Sub-DAS *Upper Brantas* yang menjadi bagian dari sistem DAS Brantas dan merupakan lokasi awal aliran sungai Brantas yang berlokasi di kaki Gunung Arjuno (Gambar 1). Lebih spesifiknya di Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Sungai ini mengalir hingga menuju Kota Malang dan bertemu dengan Sungai Lesti di Kabupaten Malang, sehingga mempunyai peranan yang sangat penting terkait dengan ketersediaan air untuk berbagai kegiatan, salah satunya adalah pertanian (Sholikhati et al., 2014). *Upper Brantas* berbatasan langsung dengan Sub DAS Sungai Beji, Sub DAS Sungai Konto, Sub DAS Sungai Bango-sari, Sub DAS Sungai Amprong, Sub DAS Sungai Manten, Sub DAS Sungai Metro, dan Sub DAS Sungai Lekso (BBWS Brantas, 2010).

### Data

Penelitian ini menggunakan data vektor dan raster. Data-data tersebut diperoleh dari beberapa sumber terpercaya sehingga hasil penelitian ini dapat mewakili kondisi di lapangan. Data

tersebut dibagi menjadi empat periode waktu, yaitu data yang menggambarkan kondisi tahun 1981 hingga 2010, data proyeksi tahun 2011 hingga 2040, 2041 hingga 2070, dan 2071 hingga 2100. Data Raster yang digunakan dalam penelitian ini adalah data potensi presipitasi dan evapotranspirasi yang diperoleh dari *Global Agro Ecological Zone (GAEZ) V4 Data Portal*, sedangkan untuk data vektor batas *Upper Brantas* diperoleh dari

BBWS. Data presipitasi dan evapotranspirasi potensial yang menggambarkan kondisi tahun 1981 hingga 2010 merupakan model historis CRUTS32, sedangkan data proyeksi presipitasi dan evapotranspirasi potensial tahun 2011-2040, 2041-2070, dan 2071-2100 merupakan model rakitan yang dihasilkan dari kombinasi berbagai model iklim (Fischer et. al, 2021).



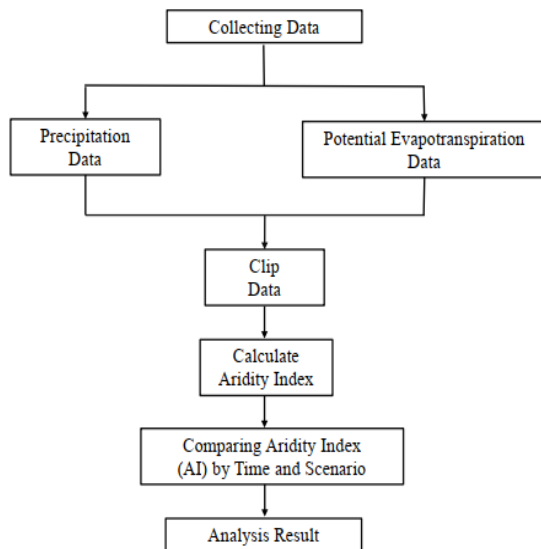
**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

### Desain Penelitian

Sistem Informasi Geografis (GIS) telah banyak digunakan dengan tujuan menganalisis, memetakan, dan memvisualisasikan berbagai fenomena geografis (Lü et al., 2017). Salah satu kelebihan penggunaan GIS adalah kemampuannya memberikan kemudahan dan memungkinkan pengguna

memperoleh variasi spasial pada topik yang ditanyakan serta mampu menangani berbagai format data sehingga memudahkan manipulasi data (Zhu et al., 2021). Sejumlah penelitian tentang indeks kekeringan juga menggunakan GIS sebagai alat analisisnya (Javid et al, 2020; Moral et al, 2016; Nastos et al, 2013). Secara umum, GIS digunakan dalam

penelitian ini untuk mengintegrasikan dan memetakan dua komponen indeks kekeringan, yaitu presipitasi dan potensi evapotranspirasi. Gambar 2 mengilustrasikan pendekatan keseluruhan yang diambil dalam penelitian ini.



Gambar 2. Diagram Alir

### Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data

Data tersebut kemudian diolah menggunakan *software GIS* dan excel. Indeks kekeringan didefinisikan sebagai indeks bioklimatik yang memperhitungkan fenomena fisik yang mengandung presipitasi dan penguapan, serta proses biologis transpirasi tanaman (Salvati et al, 2012; Calantoni et al, 2015). Klasifikasi Indeks Kekeringan adalah *Hyper-Arid* dengan nilai AI < 0.05, *Arid* dengan nilai AI 0.05 - 0.20), *Semi-Arid* dengan nilai AI 0.2.0 - 0.5, *Dry Sub-Humid* dengan nilai AI 0.5 - 0.65, *Humid* dengan nilai 0.65 - Nilai AI 0,75, dan *Hyper Humid* dengan nilai > 0,75 Ai. Semakin tinggi nilai Indeks Ariditas menunjukkan wilayah tersebut semakin basah dan semakin rendah Indeks Ariditas menunjukkan wilayah tersebut semakin kering (Abatzoglou et al., 2018; Mirzabaev et al., 2019). Rumus

penghitungan Indeks Kekeringan disajikan pada Persamaan 1.

$$AI = P/Eto \quad (1)$$

Dimana AI mewakili Indeks Kekeringan, P mewakili total presipitasi tahunan, dan Eto mewakili potensi evapotranspirasi tahunan.

Setelah diketahui indeks kekeringan, maka perlu dilakukan analisis data secara spasial menggunakan *software GIS* dengan tujuan untuk mengetahui sebaran dalam empat periode yaitu 1981-2010, 2011 -2040, 2041 -2070, dan 2071 - 2100 berdasarkan RCP 4.5 dan RCP 8.5. Selain itu, juga dilakukan perbandingan hasil kedua skenario terkait pola perbaikannya. Sehingga akan diketahui pola kenaikan Indeks Ariditas dan dua variabel terikat seperti presipitasi dan potensi evapotranspirasi. Semua analisis ini dilakukan dengan berbasis raster.

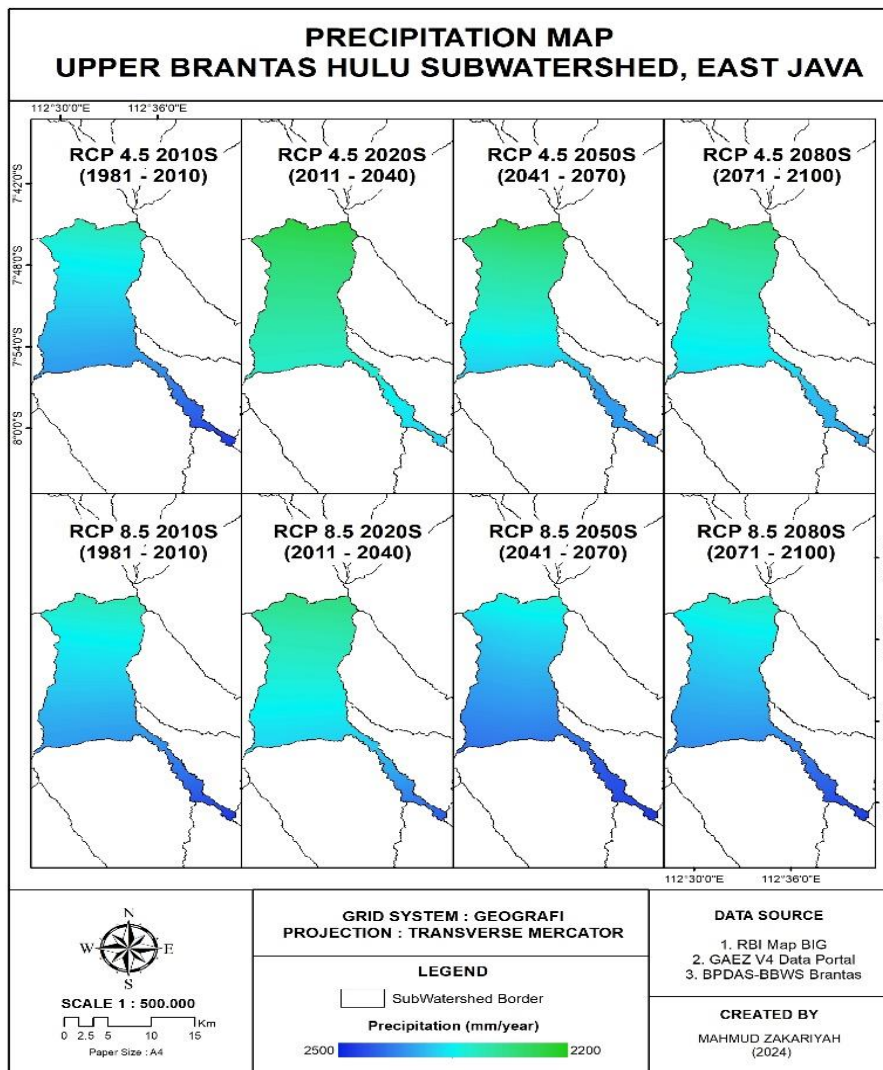
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai indeks kekeringan pada *Upper Brantas* merupakan hasil pengolahan data dengan membandingkan data presipitasi dan potensi evapotranspirasi. Presipitasi mereproduksi kondisi ketika terlalu banyak air yang mengembun sehingga tetesan air di awan menjadi besar dan berat untuk ditahan di udara sehingga jatuh sebagai hujan, salju, atau hujan es (Li et al, 2017). Kemudian evapotranspirasi potensial merupakan kondisi laju evapotranspirasi maksimum dari permukaan tanah dan vegetasi pada suatu wilayah, dengan asumsi tersedia cukup air (Zhang et al., 2016). Kombinasi defisit presipitasi yang besar dan potensi evapotranspirasi yang sangat tinggi dapat mewakili kondisi Kekeringan di *Upper Brantas* dengan menggunakan indeks Kekeringan. Masing-masing pola presipitasi dan potensi evapotranspirasi pada setiap periode dan skenario perubahan iklim (RCP 4.5 dan RCP 8.5)

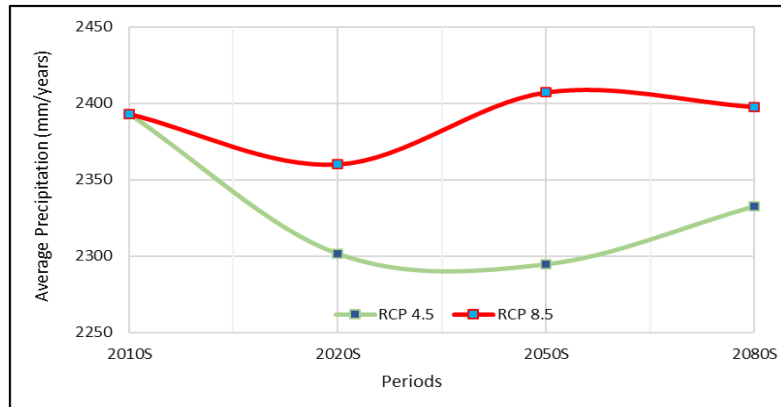
mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap kondisi indeks kekeringan di Upper Brantas.

Presipitasi yang terjadi di Upper Brantas pada periode 1981 - 2010, 2011 - 2040, 2041 - 2070, dan 2071 - 2100 berdasarkan RCP 4.5 dan RCP 8.5 mempunyai pola perubahan yang berbeda-beda dan divisualisasikan pada (Gambar 3). RCP 4.5 mengalami perubahan yang cenderung menurun dan kemudian meningkat kembali pada akhir abad ke-21. Sedangkan RCP 8.5 mengalami fluktuasi berupa kenaikan dan penurunan hingga akhir abad ke-21 (Gambar 4), namun

presipitasi yang dimodelkan pada RCP 8.5 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan RCP 4.5. Kondisi tersebut telah diwakili oleh (Gambar 3 dan Gambar 4). Kondisi perubahan presipitasi ini tidak selalu menurun, bisa juga meningkat dengan sebaran yang berbeda di setiap wilayah. Perubahan skenario RCP 4.5 lebih rendah dibandingkan RCP 8.5 karena pertimbangan terkait kompleksitas sistem iklim dan nilai emisi gas rumah kaca yang digunakan untuk pemodelan (Badora et al, 2022; Karimi et al, 2021).



**Gambar 3.** Peta Presipitasi Upper Brantas



**Gambar 4.** Perubahan Presipitasi di Upper Brantas RCP 4.5 dan RCP 8.5

Kondisi potensi evapotranspirasi di *Upper Brantas* pada periode 1981 - 2010, 2011 - 2040, 2041 - 2070, dan 2071 - 2100 berdasarkan RCP 4.5 dan RCP 8.5 mempunyai pola perubahan yang sama. Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan pola peningkatan RCP 4.5 dan RCP 8.5. Perbedaannya hanya terletak pada besaran peningkatannya, dimana hingga akhir abad ke-21, RCP 8.5 menunjukkan adanya peningkatan potensi evapotranspirasi lebih besar dibandingkan RCP 4.5. Kondisi ini terjadi karena pertimbangan terkait kompleksitas sistem iklim dan nilai emisi gas rumah kaca yang digunakan untuk pemodelan (Badora et al, 2022; Karimi et al, 2021).

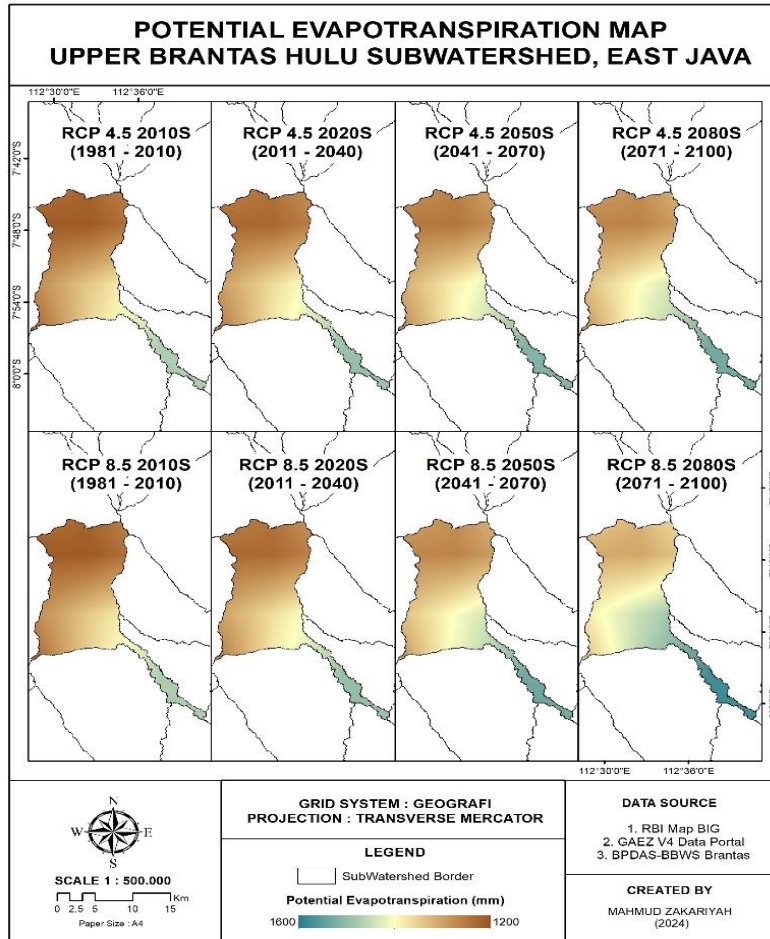
Pola peningkatan potensi evapotranspirasi RCP 8.5 dibandingkan RCP 4.5 di *Upper Brantas* dapat dipahami dengan memperhitungkan berbagai parameter iklim seperti suhu, radiasi matahari, kelembaban udara, angin, dan konsentrasi gas rumah kaca. Terkait suhu, RCP 8.5 memperkirakan kenaikan suhu lebih tinggi dibandingkan RCP 4.5. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan potensi evapotranspirasi (Fan et al, 2021). Kemudian terkait dengan radiasi matahari RCP 8.5 memprediksi adanya sedikit peningkatan radiasi matahari dibandingkan RCP 4.5. Peningkatan radiasi matahari meningkatkan potensi evapotranspirasi (Yadeta et al, 2020). Lebih lanjut, kelembaban udara yang

diprediksi oleh RCP 8.5 menunjukkan penurunan kelembaban udara dibandingkan RCP 4.5. Kelembaban udara yang lebih rendah meningkatkan potensi evapotranspirasi (Zhao et al, 2020). Kemudian angin di RCP 8.5 diperkirakan mengalami sedikit peningkatan kecepatan angin dibandingkan RCP 4.5. Kecepatan angin yang lebih tinggi meningkatkan potensi evapotranspirasi (Shi et al, 2020). Lebih lanjut, pertimbangan peningkatan emisi gas rumah kaca pada RCP 8.5 lebih tinggi dibandingkan RCP 4.5. Semakin tinggi konsentrasi emisi gas rumah kaca juga dapat meningkatkan potensi evapotranspirasi (Karimi et al, 2021).

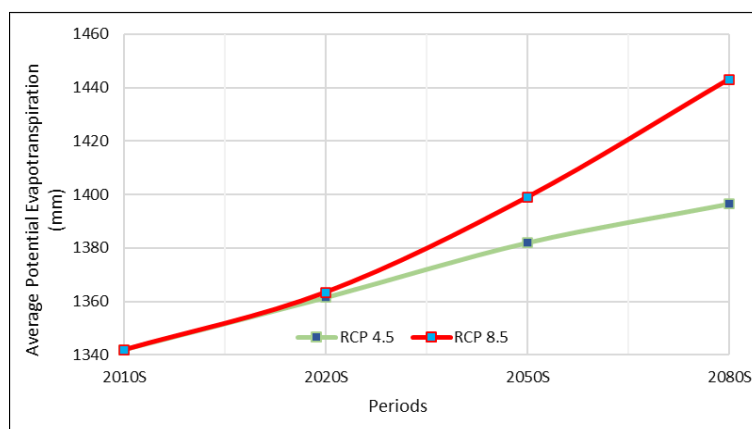
Kondisi indeks kekeringan di *Upper Brantas* periode 1981 - 2010, 2011 - 2040, 2041 - 2070, dan 2071 - 2100 berdasarkan RCP 4.5 dan RCP 8.5 mempunyai pola perubahan yang mengarah pada kondisi yang lebih kering. Berdasarkan (Gambar 7. dan Gambar 8.) kondisi pada RCP 4.5 mengalami peningkatan tingkat Aridity hingga periode tahun 2050an dan cenderung stabil setelahnya. Berbeda dengan kondisi pada RCP 8.5 yang melibatkan pola peningkatan Aridity yang cenderung meningkat hingga abad ke-21. Kondisi ini sejalan dengan pola peningkatan emisi gas rumah kaca yang menjadi salah satu parameter pertimbangan pemodelan proyeksi iklim pada skenario RCP, dimana RCP 4.5 mengalami peningkatan emisi

hingga periode tahun 2050an dan kemudian cenderung stabil setelahnya, sedangkan RCP 8.5 mengalami peningkatan emisi gas rumah kaca yang

ekstrem hingga akhir abad ke-21 (Met Office, 2018; Thanvisitthapon et al., 2023).



**Gambar 5.** Peta Evapotranspirasi Potensial Upper Brantas

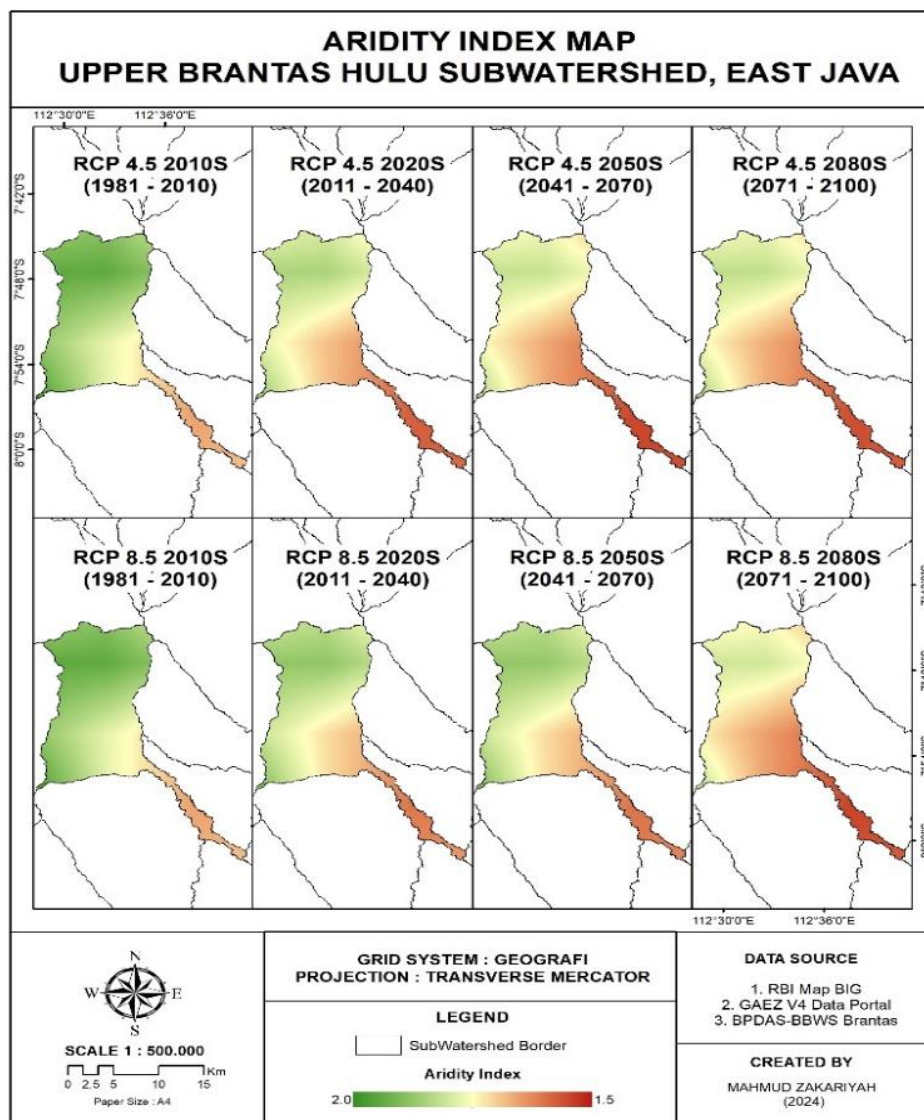


**Gambar 6.** Perubahan Evapotranspirasi Potensial Upper Brantas RCP 4.5 and RCP 8.5

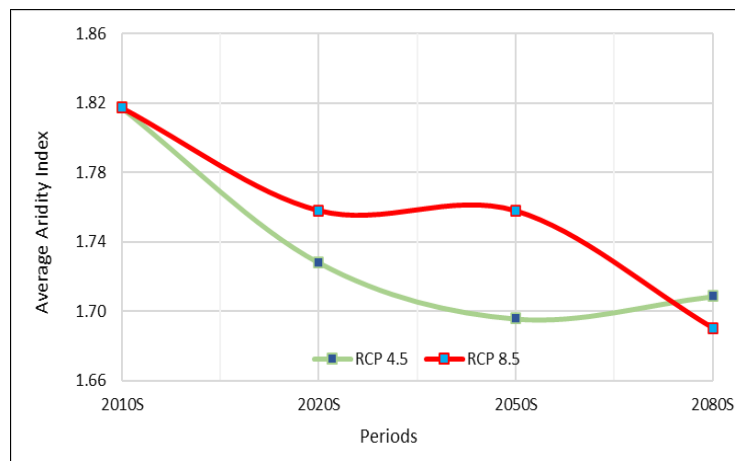


Jika kondisi indeks kekeringan di *Upper Brantas* dibandingkan dengan klasifikasi indeks kekeringan, maka tergolong hiper lembab ( $AI > 0,75$ ) pada periode 1981 hingga 2010, 2011 hingga 2040, 2041 hingga 2070, dan 2071 hingga 2100 menurut RCP 4.5 dan RCP 8.5 (Abatzoglou et al., 2018). Perbedaannya hanya terletak pada ambang batas minimum dan maksimumnya. Selain itu,

pola pergerakan indeks aridity yang menurun juga menyebabkan kondisi semakin kering. Sebab, semakin tinggi nilai Indeks Ariditas menunjukkan wilayah tersebut semakin basah dan semakin rendah nilai Indeks Ariditas menunjukkan wilayah tersebut semakin kering (Mirzabaev et al, 2019).



Gambar 7. Peta Index Kekeringan Upper Brantas



**Gambar 8.** Perubahan Indeks Kekeringan Upper Brantas RCP 4.5 dan RCP 8.5

Korelasi indeks Kekeringan dengan komponen-komponennya seperti presipitasi dan potensi evapotranspirasi perlu dilakukan untuk memahami interaksi dan pengaruh komponen indeks Kekeringan dengan indeks Kekeringan itu sendiri. Selain itu juga dapat menjadi bahan evaluasi untuk identifikasi solusi. Berdasarkan (Gambar 9. dan Gambar 10.), nilai presipitasi dan nilai evapotranspirasi potensial mempunyai korelasi dengan indeks kekeringan di *Upper Brantas* periode 1981 - 2010, 2011 - 2040, 2041 - 2070, dan 2071 - 2100 menurut RCP 4.5 dan RCP 8.5. Perbedaannya terletak pada besarnya nilai korelasi yang dihasilkan. Nilai korelasi antara potensi evapotranspirasi dengan indeks kekeringan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai korelasi antara presipitasi dan indeks kekeringan. Kondisi tersebut terjadi karena setiap nilai data evapotranspirasi potensial mempunyai kecenderungan sesuai dengan sebaran nilai data indeks Kekeringan, artinya sebagian besar data menunjukkan bahwa semakin tinggi evapotranspirasi potensial maka nilai indeks Kekeringan semakin kecil sehingga daerah tersebut semakin kering. Kondisi ini merupakan korelasi negatif. Kemudian untuk data presipitasi mempunyai kondisi yang agak berbeda pada setiap datanya. Terdapat kondisi dimana korelasi rendahnya nilai presipitasi berhubungan

dengan rendahnya nilai indeks kekeringan. Terdapat pula kondisi korelasi dimana semakin tinggi presipitasi berhubungan dengan semakin tinggi nilai indeks kekeringan. Namun yang paling banyak ditemukan adalah kondisi presipitasi yang lebih tinggi berhubungan dengan kondisi Kekeringan yang rendah. Oleh karena itu, dalam pemodelan ini, kondisi potensi evapotranspirasi sangat menentukan.

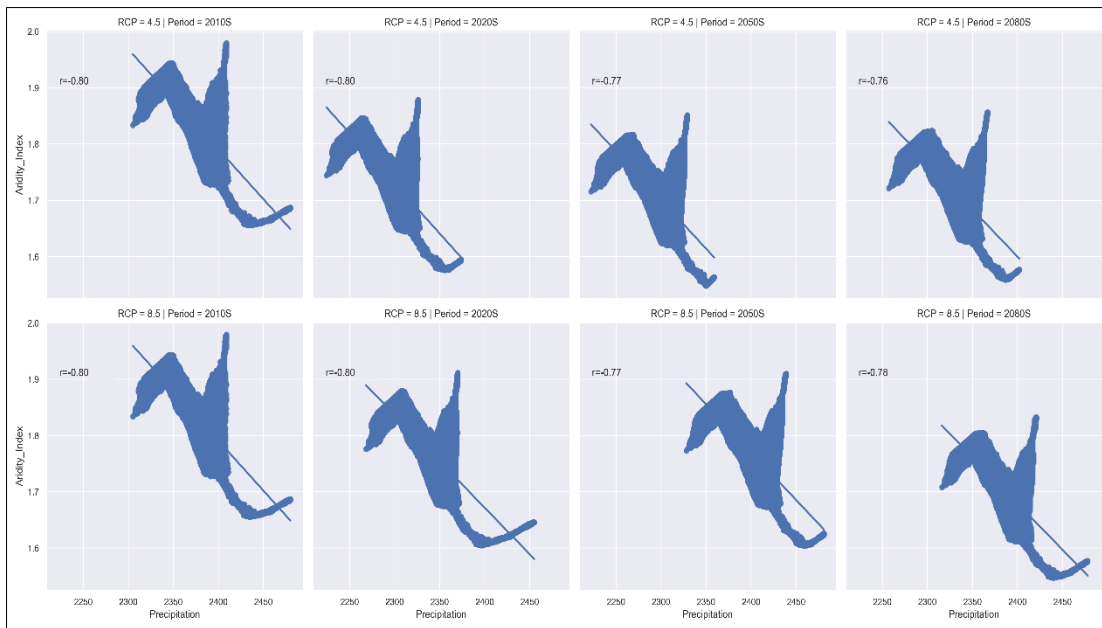
## KESIMPULAN

Perubahan iklim khususnya perubahan potensi presipitasi dan evapotranspirasi mempunyai dampak nyata terhadap kondisi Kekeringan dengan menggunakan analisis indeks Kekeringan di *Upper Brantas*. Berdasarkan periode tahun 1981 - 2010, 2011 - 2040, 2041 - 2070, dan 2071 - 2100 dengan skenario RCP 4.5 dan RCP 8.5 terdapat perbedaan pola terkait presipitasi, evapotranspirasi potensial, dan indeks kekeringan. Presipitasi memiliki kondisi ke arah penurunan. Maka potensi evapotranspirasi mempunyai kondisi ke arah peningkatan. Kemudian indeks Kekeringan mempunyai kondisi yang cenderung menurun, sehingga wilayah *Upper Brantas* mempunyai kondisi yang semakin buruk.

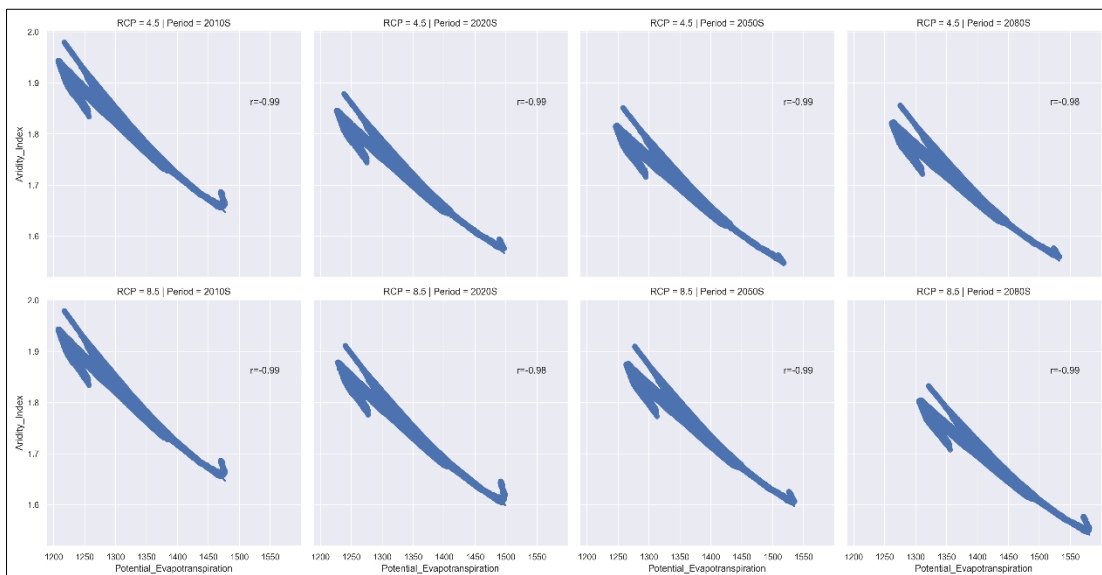
Berdasarkan analisis indeks Kekeringan yang menunjukkan wilayah *Upper Brantas* mengalami kondisi yang semakin kering, maka perlu dilakukan

beberapa upaya untuk meminimalisir dampak perubahan iklim di masa depan. Apabila wilayah tersebut masih difungsikan dengan fungsi pertanian, maka perlu dilakukan berbagai upaya adaptasi. Upaya yang dapat dilakukan adalah

dengan membuat penampungan air untuk cadangan air, meningkatkan pemahaman petani terhadap perubahan iklim, memperbaiki kelembagaan petani, meningkatkan akses petani terhadap sumber daya, dan lain-lain.



**Gambar 9.** Hubungan antara presipitasi potensial dengan indeks kekeringan



**Gambar 10.** Hubungan antara evapotranspirasi potensial dengan indeks kekeringan

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abatzoglou, J. T., Dobrowski, S. A., Parks, K. C., & Katherine, C. Hegewisch. (2018). Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015.
- Badora, D., Wawer, R., Nierobca, A., Krol-Badziak, A., Kozyra, J., Jurga, B., & Nowocien, E. (2022). Modelling the hydrology of an upland catchment of Bystra River in 2050 climate using RCP 4.5 and RCP 8.5 emission scenario forecasts. *Agriculture*, 12(3), 403.
- BNPB. (2016). Resiko Bencana Indonesia.
- BBWS Brantas (2010). Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Brantas.
- Colantoni, A., Delfanti, L. M. P., Cossio, F., Baciotti, B., Salvati, L., Perini, L., & Lord, R. (2015). Soil aridity under climate change and implications for agriculture in Italy. *Applied Mathematical Sciences*, 9(50), 2467-2475.
- Fan, G., Sarabandi, A., & Yaghoobzadeh, M. (2021). Evaluating the climate change effects on temperature, precipitation and evapotranspiration in eastern Iran using CMPI5. *Water Supply*, 21(8), 4316-4327.
- Fischer, G., Nachtergaele, F.O., van Velthuizen, H.T., Chiozza, F., Franceschini, G., Henry, M., Muchoney, D. and Tramberend, S. 2021. Global Agro-Ecological Zones v4 – Model documentation. Rome, FAO.
- Herlina, N., & Prasetyorini, A. (2020). Pengaruh perubahan iklim pada musim tanam dan produktivitas jagung (*Zea mays* L.) di Kabupaten Malang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 118-128.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Javid, K., Akram, M. A. N., Ranjha, M. M., & Pervaiz, S. (2020). GIS-based assessment of aridity over Punjab Province, Pakistan, by using climatic indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-12.
- Jensen, M. E., & Allen, R. G. (2016). Evaporation, evapotranspiration, and irrigation water requirements: Task Committee on Revision of Manual 70 (No. Ed. 2). American Society of Civil Engineers (ASCE).
- Karimi, T., Stöckle, C. O., Higgins, S. S., & Nelson, R. L. (2021). Impact of climate change on greenhouse gas emissions and water balance in a dryland-cropping region with variable precipitation. *Journal of Environmental Management*, 287, 112301.
- KLHK. (2021). Indonesia long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050.
- Li, Z., Rosenfeld, D., & Fan, J. (2017). Aerosols and their impact on radiation, clouds, precipitation, and severe weather events. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*.
- Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A. X., & Chen, M. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International journal of geographical information science*, 33(2), 346-367.
- Ministry of Environment and Forestry. (2021). Indonesia long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050.
- Masruroh, D., & Bowo, C. (2022). Analisis Indeks Kekeringan Metode

- Standardized Precipitation Index (SPI) dan Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Padi dan Jagung. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 277-284.
- Mirzabaev, A., J. Wu, J. Evans, F. García-Oliva, I.A.G. Hussein, M.H. Iqbal, J. Kimutai, T. Knowles, F. Meza, D. Nedjraoui, F. Tena, M. Türkeş, R.J. Vázquez, & M. Weltz. (2019). Desertification. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- Moral, F. J., Rebollo, F. J., Paniagua, L. L., García-Martín, A., & Honorio, F. (2016). Spatial distribution and comparison of aridity indices in Extremadura, southwestern Spain. *Theoretical and applied climatology*, 126, 801-814.
- Muttaqin, T. (2017). Laju Erosi terhadap Perubahan Tata Guna Lahan Kawasan Hutan Lindung pada Area Pertanian Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian dan Kehutanan*, 4(2), 119-125.
- Nafisha, A. U., & Suwarsito, S. (2019). Kajian Pengaruh Pola Curah Hujan terhadap Produktivitas Padi di Kecamatan Pagerbarang Kabupaten Tegal. *Sainteks*, 15(1), 140-152.
- Pramasani, E. M., & Soelistyono, R. (2019). Dampak perubahan iklim terhadap perubahan musim tanam Padi (*Oryza sativa* L.) di Kabupaten Malang. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 3(2), 85-93.
- Salvati, L., Zitti, M., Di Bartolomei, R., & Perini, L. (2012). Climate aridity under changing conditions and implications for the agricultural sector: Italy as a case study. *Geography Journal*, 2013.
- Septiani, R., & Arifianto, F. (2022). Identifikasi Kekeringan Meteorologi menggunakan SPI 3 Bulanan dan 6 Bulanan di DAS Brantas Hulu. *The Climate of Tropical Indonesia Maritime Continent Journal*, 1(2).
- Shi, L., Feng, P., Wang, B., Li Liu, D., Cleverly, J., Fang, Q., & Yu, Q. (2020). Projecting potential evapotranspiration change and quantifying its uncertainty under future climate scenarios: A case study in southeastern Australia. *Journal of hydrology*, 584, 124756.
- SHOFIYATI, R., HONDA, K., WIJESEKERA, N., & WIDAGDO, W. (2012). Monitoring Agricultural Drought Using GIS and Remote Sensing Technologies in Upper Brantas Watershed. *Indonesian Soil and Climate Journal*, (20), 134961.
- Sholikhati, I., Harisuseno, D., & Suhartanto, E. (2014). Studi Identifikasi Indeks Kekeringan Hidrologis Pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG)(Studi Kasus pada DAS Brantas Hulu: Sub-DAS Upper Brantas, Sub-DAS Amprong dan Sub-DAS Bangosari). *Jurnal Teknik Pengairan*, 4(2).
- Thanvisitthapon, N., Nakhburee, A., Khamchiangta, D., & Saguansap, V. (2023). Climate change-induced urban heat Island trend projection and

- land surface temperature: A case study of Thailand's Bangkok metropolitan. *Urban Climate*, 49, 101484.
- Venus, V. (2009). *Aridity risk reduction framework and practices: contributing to the Hyogo framework for action: e-book*.
- Yadeta, D., Kebede, A., & Tessema, N. (2020). Potential evapotranspiration models evaluation, modelling, and projection under climate scenarios, Kesem sub-basin, Awash River basin, Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(4), 2165-2176.
- Zaini, A. H., & Saitama, A. (2023). Analisa Perubahan Iklim dan Pengaruhnya pada Produktivitas Tanaman Padi di Kabupaten Malang. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 8(2), 173-180.
- Zhang, K., Kimball, J. S., & Running, S. W. (2016). A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. *Wiley interdisciplinary reviews: Water*, 3(6), 834-853.
- Zakariyah, M., Wiwoho, B. S., Astuti, I. S., & Kiloes, A. M. (2024). Dynamics of Exposure and Sensitivity of Agricultural Sector to Climate Change in Yogyakarta Special Region as Observed by Geospatial Datasets. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1406, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Zhao, J., Xia, H., Yue, Q., & Wang, Z. (2020). Spatiotemporal variation in reference evapotranspiration and its contributing climatic factors in China under future scenarios. *International Journal of Climatology*, 40(8), 3813-3831.
- Zhu, A. X., Zhao, F. H., Liang, P., & Qin, C. Z. (2021). Next generation of GIS: must be easy. *Annals of GIS*, 27(1), 71-86.
- Zomer, R. J., Xu, J., & Trabucco, A. (2022). Version 3 of the global aridity index and potential evapotranspiration database. *Scientific Data*, 9(1), 409.