

VARIABILITAS TINGKAT KEHIJAUAN VEGETASI BERDASARKAN ENHANCED VEGETATION INDEX SELAMA KEKERINGAN EKSTRIM TAHUN 2015 DI PULAU JAWA

(Variability of Vegetation Greenness Level based on Enhanced Vegetation Index during the 2015 Extreme Drought in Java Island)

Sayidah Sulma, Jalu Tejo Nugroho, Yenni Vetrira, Sri Harini
Pusat Riset Penginderaan Jauh, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Jl. Kalisari No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, Indonesia
E-mail: sulma_sayidah@yahoo.co.id

Diterima: 29 Maret 2022; Direvisi: 09 Agustus 2022; Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Agustus 2022

ABSTRAK

Bencana kekeringan memiliki dampak yang sangat besar terhadap sektor pertanian dan perekonomian, sehingga pemantauan kekeringan perlu dilakukan secara berkala. Pemantauan kekeringan berbasis indeks vegetasi dari data satelit semakin berkembang dan perlu dikaji lebih lanjut khususnya untuk wilayah Indonesia. Pada tahun 2015 terjadi fenomena El Niño yang menyebabkan kondisi kekeringan ekstrim khususnya di wilayah Indonesia. Kondisi ini berpotensi untuk menjadi bahan kajian dalam pemantauan kekeringan menggunakan data penginderaan jauh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan pengkelasan Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV) dalam menggambarkan kondisi kekeringan, serta untuk menganalisis keterkaitan waktu terjadinya kekeringan meteorologis dengan kekeringan pertanian. Pemantauan kondisi kekeringan dilakukan menggunakan indikator TKV. Variabilitas TKV diperoleh dari pengkelasan indeks vegetasi yaitu *Enhanced Vegetation Index (EVI)* dari data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), yang dianalisis mewakili kondisi kekeringan ekstrim yaitu pada saat El Niño tahun 2015 di Pulau Jawa dan dibandingkan dengan kondisi TKV 2019 yang mewakili kondisi netral. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa TKV dapat digunakan untuk pemantauan kondisi kekeringan di suatu wilayah, dimana saat musim kemarau di kedua waktu tersebut sama-sama menunjukkan kondisi kering, namun pada tahun 2015 saat iklim ekstrim TKV menunjukkan tingkat kehijauan vegetasi yang rendah hingga sangat rendah di sebagian besar Pulau Jawa. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa rendahnya tingkat kehijauan vegetasi dapat mengindikasikan terjadinya kekeringan pertanian, dimana terdapat jeda waktu sekitar 2 bulan, dampak dari kekeringan meteorologi terhadap menurunnya kondisi tutupan vegetasi secara alami.

Kata kunci: *Enhanced Vegetation Index*, kekeringan, tingkat kehijauan vegetasi

ABSTRACT

Drought has a major impact on the agricultural and the economy sectors, so that drought monitoring needs to be carried out periodically. Drought monitoring based on vegetation index from satellite data is growing and needs to be studied further, especially for the area of Indonesia. In 2015 the El Niño phenomenon occurred which caused extreme drought conditions, especially in the territory of Indonesia. This condition has the potential to be studied in drought monitoring using remote sensing data. The purpose of this study was to determine the ability of Vegetation Greenness Level (TKV) to describe drought conditions, as well as to analyze the relationship between meteorological drought and agricultural drought. Monitoring of drought conditions is carried out using the TKV indicator. The Enhanced Vegetation Index (EVI) was used to quantify TKV under two different drought conditions. Its variability was investigated using EVI-MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data collected in Java Island in 2015 (severe drought) and 2019 (neutral climatic condition). The comparison results show that TKV can be used to monitor drought conditions in this site, where during the dry season at both times it shows dry conditions, but in 2015 when the climate was extreme, TKV showed low to very low levels of vegetation greenness in most of Java Island. The study's findings also imply a two-month lag between naturally decreasing rainfall and plants dried out, particularly in cropland.

Keywords: *Enhanced Vegetation Index, drought, vegetation greenness level*

PENDAHULUAN

Tahun 2015 terjadi fenomena El Niño yang berdampak di beberapa wilayah termasuk Indonesia. Kejadian El Niño tahun 2015 tersebut disebutkan *World Meteorological Organization*

(WMO) sebagai salah satu El Niño terkuat sepanjang sejarah (Usman et al., 2019). Yananto & Dewi (2016) menyebutkan bahwa parameter NINO 3.4 *Sea Surface Temperature (SST)* Indeks dan *Southern Oscillation Index (SOI)* pada tahun 2015 telah mengindikasikan El Niño pada level kuat yang

ditandai dengan adanya pelemahan sirkulasi *walker* sehingga pusat tekanan rendah berpindah dari Samudera Pasifik bagian barat ke Samudera Pasifik bagian timur. Di Indonesia, dampak yang ditimbulkan akibat fenomena ini adalah penurunan intensitas curah hujan terutama pada bulan Juli hingga Oktober 2015. Sementara itu tahun 2019 diketahui sebagai kondisi netral sejak bulan Juli, meskipun sebelumnya pada akhir tahun 2018 hingga awal 2019 dikategorikan sebagai El Niño (NWS, 2021; WMO, 2019).

Pengurangan curah hujan selama musim kemarau akibat fenomena El Niño ini, telah meningkatkan potensi terjadinya bencana hidrometeorologi khususnya bencana kekeringan, di wilayah Indonesia pada umumnya. Bencana kekeringan memiliki dampak yang sangat besar terutama terhadap sektor pertanian dan pada akhirnya mempengaruhi sektor perekonomian. Fenomena El Niño yang terjadi pada tahun 2015 telah menyebabkan bergesernya musim tanam dan panen yang berdampak pada berkurangnya total hasil pertanian dan kenaikan harga beras (Kementan, LAPAN, WFP, & FAO, 2016).

Sentra produksi padi di Indonesia, Pulau Jawa, merupakan wilayah yang paling terpengaruh pada kekeringan ini. Provinsi Jawa Timur merupakan provinsi dengan jumlah produksi beras terbanyak di Indonesia, diikuti oleh Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Barat (Safitri & Sihaloho, 2020). Bencana kekeringan memiliki dampak yang sangat besar terhadap sektor pertanian dan perekonomian, sehingga pemantauan kekeringan perlu dilakukan secara berkala. Teknologi penginderaan jauh mampu menggambarkan dinamika kejadian kekeringan pada daerah yang luas secara spasial dan temporal.

Kajian terkait pemantauan kekeringan berbasis indeks vegetasi dari data satelit telah banyak dilakukan terutama menggunakan indeks vegetasi *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Teori dasar dibalik pengembangan indeks tersebut adalah bahwa beberapa kombinasi dari *band* spektral penginderaan jauh dapat mengungkapkan informasi struktur vegetasi, keadaan tutupan vegetasi, kapasitas fotosintesis, kepadatan dan distribusi daun dan kandungan air dalam daun (Yengoh et al., 2016). Ji & Peters (2003) dan McVicar & Bierwirth (2001) mengkaji hubungan NDVI dari data *Advanced Very High-Resolution Radiometer* (AVHRR) dengan indeks kekeringan berbasis curah hujan *Standardized Precipitation Index* (SPI). Hasil kajian menunjukkan bahwa korelasi tinggi hanya terjadi pada pertengahan musim tanam, tetapi jauh lebih rendah saat penebaran. Hal ini menunjukkan waktu musim harus dipertimbangkan saat memantau kekeringan dengan NDVI. Prathumchai, et al., (2001) menganalisis korelasi tingkat risiko kekeringan dengan NDVI, dan diperoleh korelasi yang signifikan antara tingkat risiko kekeringan dan perubahan NDVI pada tingkat risiko sangat tinggi, tinggi dan sedang. Sedangkan pada tingkat risiko

kekeringan rendah diperoleh korelasi yang rendah. Vicente-Serrano et al., (2006) mengkaji pengaruh iklim kering pada aktivitas vegetasi menggunakan NDVI dari AVHRR. Hasil menunjukkan variabilitas NDVI lebih besar pada daerah dengan tutupan vegetasi rendah (stepa dan lahan pertanian kering), sedangkan variabilitas terendah tercatat di lahan irigasi dan hutan yang terletak di daerah paling lembab. Diketahui pula bahwa kekeringan menyebabkan penurunan NDVI, namun dengan hubungan non-linier untuk semua jenis tutupan lahan. Begitu pula dalam Nanzad et al. (2019) dan Bayarjargal (2000) memperoleh bahwa anomali NDVI berkorelasi positif dengan curah hujan di lahan pertanian, semak belukar dan stepa. Namun, korelasi negatif muncul di wilayah hutan dan stepa gunung tinggi. Disebutkan pula bahwa tanaman dengan biomassa tinggi menyebabkan kejenuhan NDVI.

Selanjutnya sejak tersedianya data harian satelit Terra/Aqua MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) yang mempunyai resolusi spasial lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya yaitu AVHRR (*The Advanced Very High-Resolution Radiometer*), maka semakin berkembang produk informasi indeks vegetasi. Tim peneliti MODIS kemudian mengembangkan *Enhanced Vegetation Index* (EVI) yang bertujuan meningkatkan kualitas NDVI (NASA, 2021; Song et al., 2004). Perbedaan utama antara NDVI dan EVI adalah penambahan koreksi terhadap distorsi pantulan cahaya yang disebabkan oleh partikel di udara serta penutup lahan di bawah vegetasi yang tidak dapat dikoreksi oleh NDVI. Nilai indeks EVI juga memiliki sensitivitas lebih baik dibandingkan NDVI saat mendeteksi hutan dan area lain yang memiliki klorofil tinggi (Choubin et al., 2019; Huete et al., 2002; NASA, 2021). Bajgain et al., (2015) membandingkan sensitivitas beberapa indeks vegetasi dan indeks air permukaan tanah terhadap kekeringan, hasil menunjukkan bahwa NDVI relatif kurang sensitif terhadap kekeringan dibandingkan EVI.

Maka dari itu pada penelitian ini digunakan indeks vegetasi EVI yang diperoleh dari data MODIS. Pemantauan kondisi kekeringan pertanian dilakukan dengan melihat Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV). TKV diperoleh berdasarkan klasifikasi EVI pada rentang nilai tertentu, dan dianalisis untuk mendapatkan indikator kekeringan pada dua kondisi musim kering yang berbeda di Pulau Jawa. Musim kering pada periode yang sama (bulan Juli hingga September) pada tahun berbeda yang mewakili El Niño kuat (2015) dan kondisi netral (2019) dipilih untuk mendapatkan gambaran (1) bahwa tingkat kehijauan vegetasi (TKV) dapat menggambarkan atau menjelaskan kekeringan di suatu wilayah dan pada kedua waktu yang berbeda tersebut terjadi perbedaan kondisi. Disamping itu, pada penelitian ini dilakukan juga (2) analisis untuk melihat keterkaitan waktu terjadinya kekeringan meteorologis dan kekeringan pertanian.

METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data Satelit Aqua MODIS resolusi spasial 250 meter, sepanjang tahun 2015 dan 2019 wilayah Pulau Jawa. Data satelit Landsat 8 path/rw 118/066, 119/065, 121/065, 122/064 dan 123/064 mewakili musim basah dan kering tahun 2015. Data satelit tersebut diperoleh dari Pusat Riset Penginderaan Jauh, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Kemudian digunakan data akumulasi curah hujan bulanan tahun 2015 wilayah Pulau Jawa dari USGS & USAID (ND). Data ini merupakan penggabungan data citra satelit resolusi 0,05°, data klimatologi CHPclim, dan data stasiun *in-situ* untuk membuat deret waktu curah hujan harian grid. Data lainnya yang digunakan sebagai data pendukung adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:250.000 tahun 2013 dari Badan Informasi Geospasial.

Metode

Tahapan pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada kajian ini dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 1**.

Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV)

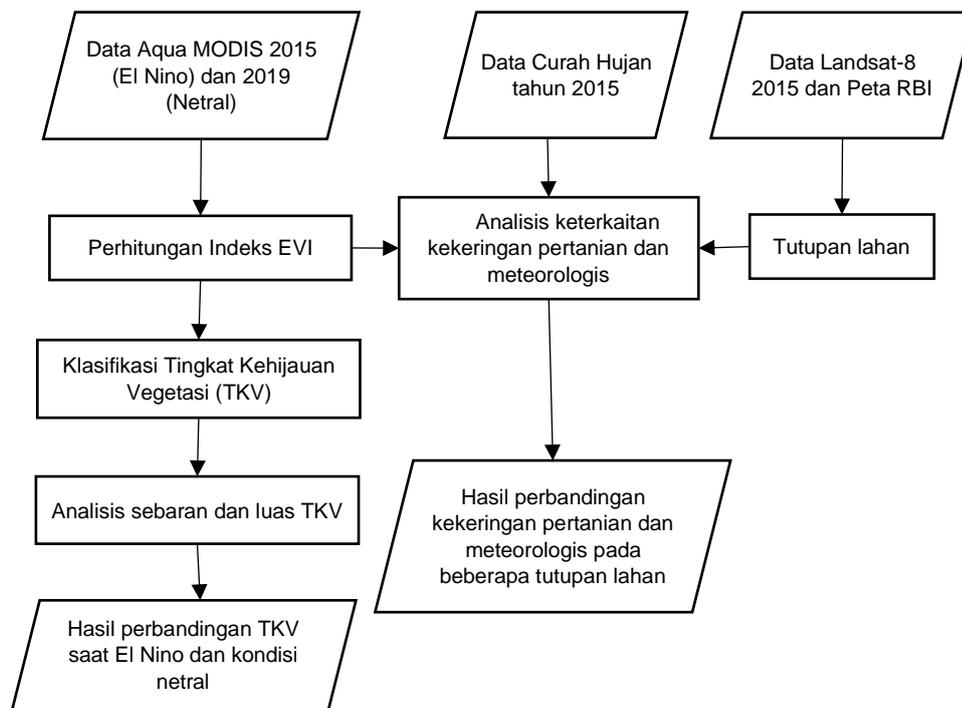
Tingkat Kehijauan Vegetasi diperoleh dari klasifikasi indeks vegetasi EVI 8-harian dari Satelit Aqua MODIS. Fokus riset ini adalah untuk mendeteksi vegetasi, maka nilai maksimum EVI bulanan dihitung dari setiap piksel. EVI merupakan modifikasi dari NDVI dengan mengoptimalkan

sinyal vegetasi melalui kanal biru untuk meminimalkan variasi latar belakang kanopi dan menghilangkan kontaminasi atmosfer disebabkan oleh debu dan awan. Formula perhitungan indeks EVI ditunjukkan oleh **Persamaan 1** (Choubin et al., 2019; Didan et al., 2015):

$$EVI = G \frac{NIR-Red}{NIR+C1.Red-C2.Blue+L} \dots \dots \dots (1)$$

dimana NIR adalah reflektansi kanal inframerah dekat, *red* adalah reflektansi kanal merah, *blue* adalah kanal biru, L adalah faktor penyesuaian latar belakang kanopi (L=1), G adalah *gain factor* (G=2,5). C1 dan C2 menunjukkan koefisien hambatan aerosol (menggunakan kanal biru untuk mengoreksi pengaruh aerosol di kanal merah), dimana C1=6, C2=7,5. Nilai EVI bervariasi antara 1 hingga +1.

Berdasarkan indeks EVI, kemudian dilakukan klasifikasi Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV) dengan pembagian kelas seperti pada **Tabel 1** di bawah ini. Klasifikasi TKV berdasarkan kelas EVI tersebut merupakan klasifikasi terdistribusi normal, dimana semakin tinggi nilai indeks maka tingkat kehijauan vegetasi semakin tinggi dan disesuaikan kondisi kekeringan di lapangan, serta objek lainnya seperti air/awan. Dalam Didan et al. (2015) disebutkan dasar teori indeks vegetasi berbasis empiris adalah berdasarkan sifat reflektansi spektral daun. Kontras antara respon kanal merah dan NIR menggambarkan kondisi vegetasi, dimana kontras antara sinar merah-NIR maksimum terjadi pada kanopi yang penuh dan kontras minimum pada objek dengan sedikit vegetasi.



Gambar 1. Diagram alir pengolahan data dan analisis.

Tabel 1. Klasifikasi TKV berdasarkan nilai EVI

Range Nilai EVI	Kelas TKV
< 0,2	Awan/air
0,2 – 0,4	Sangat rendah
0,4 – 0,5	Rendah
0,5 – 0,7	Sedang
0,7 – 0,8	Tinggi
> 0,8	Sangat tinggi

Tingkat kehijauan vegetasi ini menjadi indikator kekeringan pertanian. Analisis TKV dilakukan dengan membandingkan sebaran pola dan luas TKV pada musim kemarau pada dua tahun yang berbeda (2015 dan 2019).

Jeda Waktu Kekeringan Meteorologis dan Kekeringan Vegetasi/ Pertanian

Untuk melihat jeda (*lag*) waktu kejadian kekeringan meteorologis dan kekeringan vegetasi/ pertanian, nilai EVI pada empat jenis tutupan/ penggunaan lahan (sawah, ladang, kebun dan hutan) beserta asosiasi dibandingkan dengan akumulasi curah hujannya. Perbandingan dilakukan pada beberapa sampel lokasi pada citra EVI dan data curah hujan. Pengambilan sampel nilai EVI dan akumulasi curah hujan dilakukan pada setiap tutupan lahan vegetasi dengan jumlah yang berimbang (30 pixel), menyebar dan mewakili wilayah Jawa paling barat hingga timur. Piksel yang bebas awan dipilih dalam kurun waktu satu tahun, sehingga dapat pula dilihat polanya setiap bulannya dalam periode waktu tersebut. Dalam penentuan jenis tutupan lahan digunakan data Landsat 8 sebagai acuan, serta peta rupa bumi sebagai data pendukung. Data Landsat 8 juga digunakan untuk mengkonfirmasi kondisi kekeringan secara visual pada masing-masing sampel yang diambil. Data yang dianalisis adalah data tahun 2015 sebagai perwakilan tahun dengan kondisi kekeringan yang sangat ekstrim.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Kehijauan Vegetasi dan Kondisi Meteorologis pada Tahun 2015

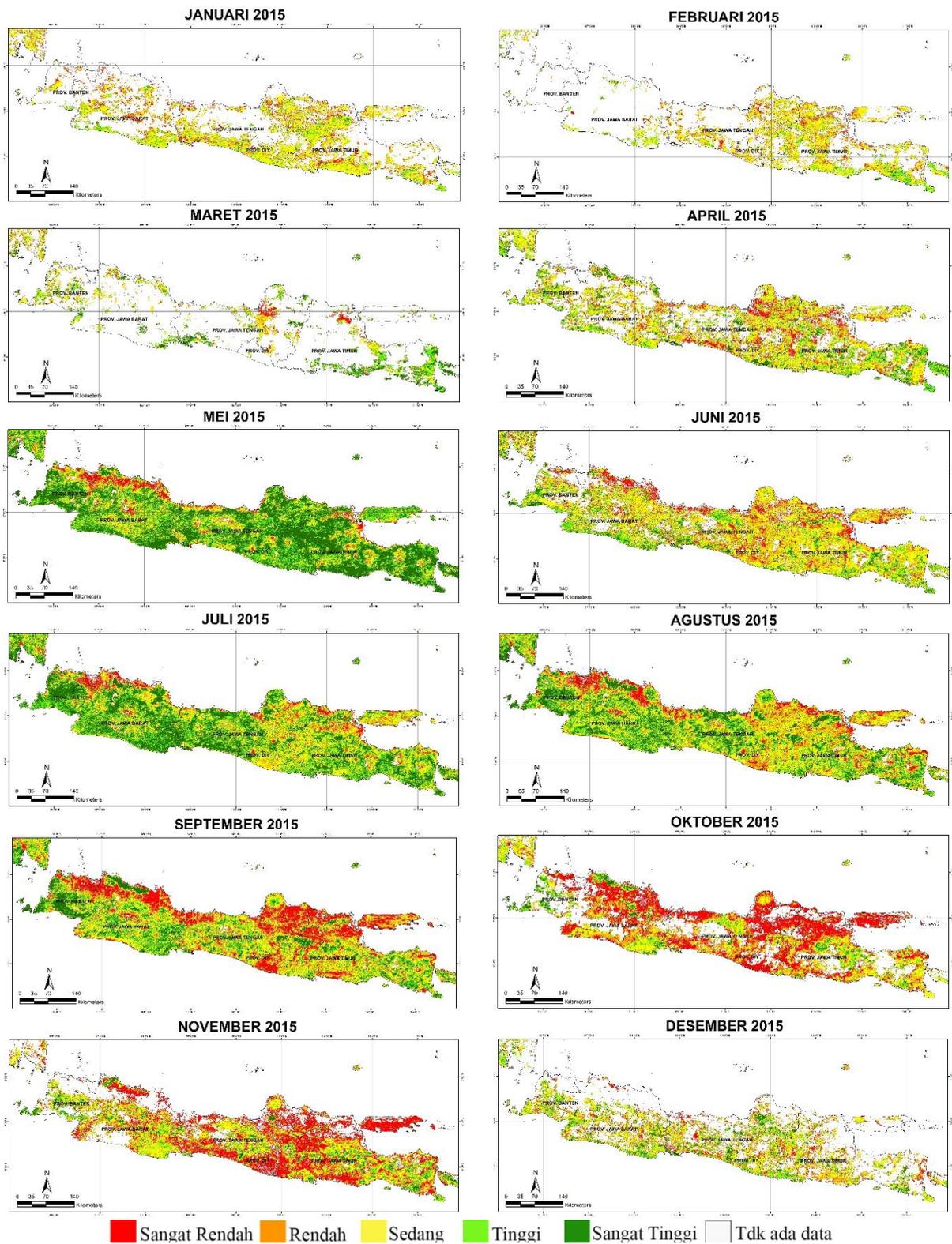
Berdasarkan data TKV tahun 2015 (**Gambar 2**), dapat dilihat pada awal tahun hingga bulan Mei kondisi vegetasi masih normal, ditandai

tingkat kehijauan vegetasi berkisar sedang hingga sangat tinggi. Penurunan tingkat kehijauan vegetasi di Pulau Jawa terjadi cukup luas mulai bulan Agustus hingga bulan November yang ditandai dengan perubahan dari TKV tinggi (warna hijau) dan sedang (kuning) menjadi TKV rendah (jingga) dan sangat rendah (merah). Pada bulan Agustus, sebaran TKV sangat rendah terlihat di beberapa wilayah seperti di Jawa Barat dan Jawa Timur bagian utara dan Jawa Timur bagian selatan. Kemudian kondisi tingkat kehijauan vegetasi rendah ini semakin menyebar pada bulan September hingga bulan November, dimana TKV sangat rendah terlihat hampir menyebar di sepanjang utara Pulau Jawa, mulai dari Provinsi Banten hingga Jawa Timur. Penurunan tingkat kehijauan vegetasi ini mengindikasikan terjadinya kekeringan pada lahan.

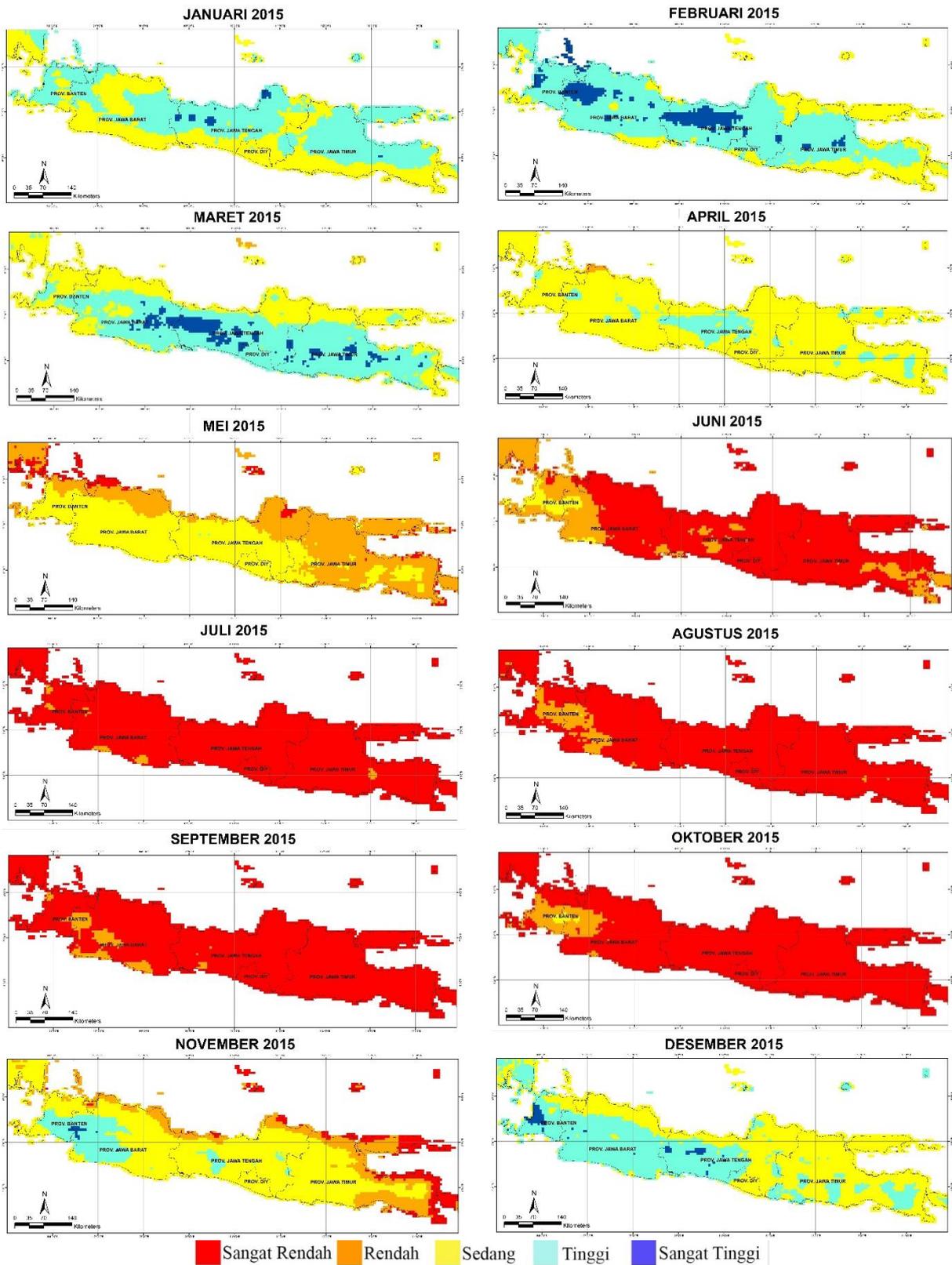
Akumulasi curah hujan pada tahun 2015 (**Gambar 3**) menunjukkan bahwa pada awal tahun (Januari hingga April) curah hujan masih dalam kondisi normal yang ditandai dengan warna kebiruan. Mulai bulan Juni 2015, curah hujan yang terukur berada pada kondisi sangat rendah (warna merah). Kondisi ini berlangsung hingga bulan Oktober 2015, meskipun pada November juga masih termasuk kategori rendah (kuning) dan sedang (jingga).

Jika melihat dari data akumulasi curah hujan selama tahun 2015 (**Gambar 3**) tersebut, intensitas curah hujan sangat rendah terpantau mulai bulan Juni 2015. Penurunan nilai TKV hingga pada level sangat rendah mulai terlihat sejak bulan Agustus. Dengan demikian, ada kurun waktu sekitar 2 bulan hingga TKV menjadi sangat rendah sejak intensitas curah hujan menurun di wilayah Pulau Jawa. Hal ini sejalan dengan penelitian (Choubin et al., 2019) dan (Tong et al., 2017), dimana terdapat jeda waktu dampak dari kekeringan terhadap menurunnya kondisi tutupan vegetasi secara alami.

Intensitas curah hujan yang turun di suatu wilayah sangat mempengaruhi ketersediaan air di wilayah tersebut. Jika terjadi penurunan curah hujan secara terus menerus pada kurun waktu tertentu maka akan menyebabkan terjadinya kekeringan meteorologi. Selanjutnya jika kandungan air di dalam tanah semakin berkurang sehingga mempengaruhi kebutuhan dan pertumbuhan tanaman maka akan terjadi kekeringan pertanian. Rendahnya intensitas curah hujan yang terjadi pada tahun 2015 sangat mempengaruhi terjadinya kekeringan lahan pada waktu tersebut.



Gambar 2. Tingkat kehijauan vegetasi dari *enhanced vegetation index* MODIS di Pulau Jawa tahun 2015. Warna hijau hingga merah mengilustrasikan tingkat kehijauan mulai dari sangat tinggi hingga sangat rendah. Beberapa piksel yang tertutup awan dikelaskan sebagai “Tidak ada data”.



Gambar 3. Akumulasi curah hujan dari data CHIRPS tahun 2015 di Pulau Jawa. Warna biru hingga merah menggambarkan akumulasi curah hujan mulai dari sangat tinggi hingga sangat rendah.

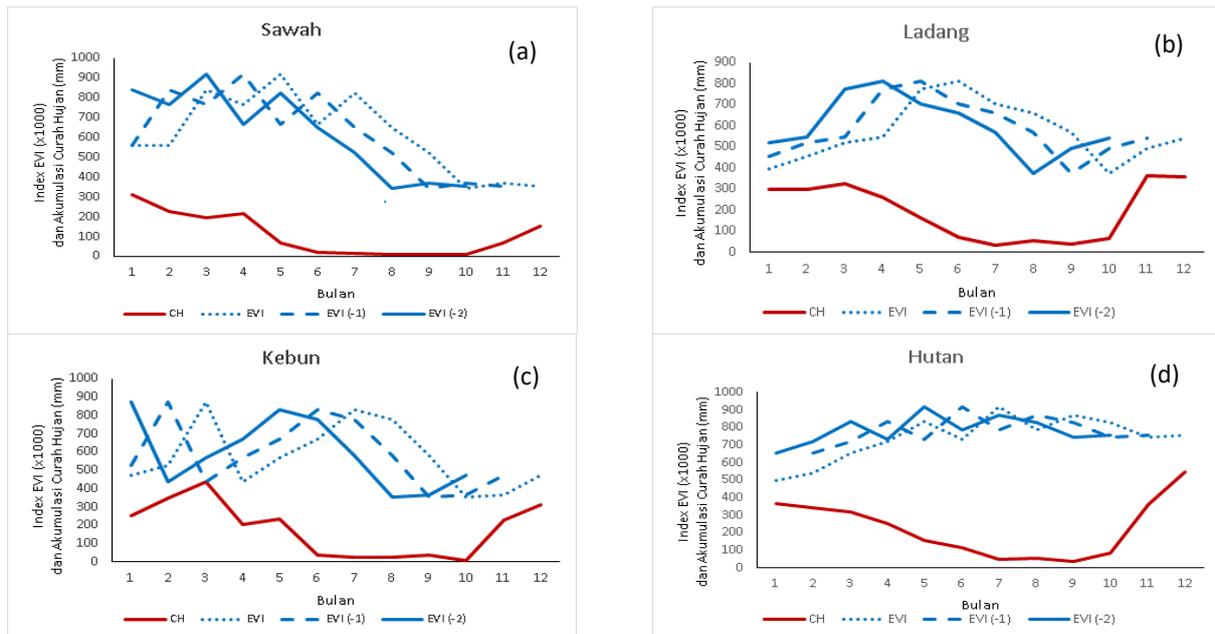
Jeda Waktu Kekeringan Meteorologis dan Pertanian/Vegetasi

Berdasarkan perbandingan pola curah hujan dan nilai indeks vegetasi EVI di beberapa jenis penutup lahan pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa saat terjadi kekeringan secara meteorologis

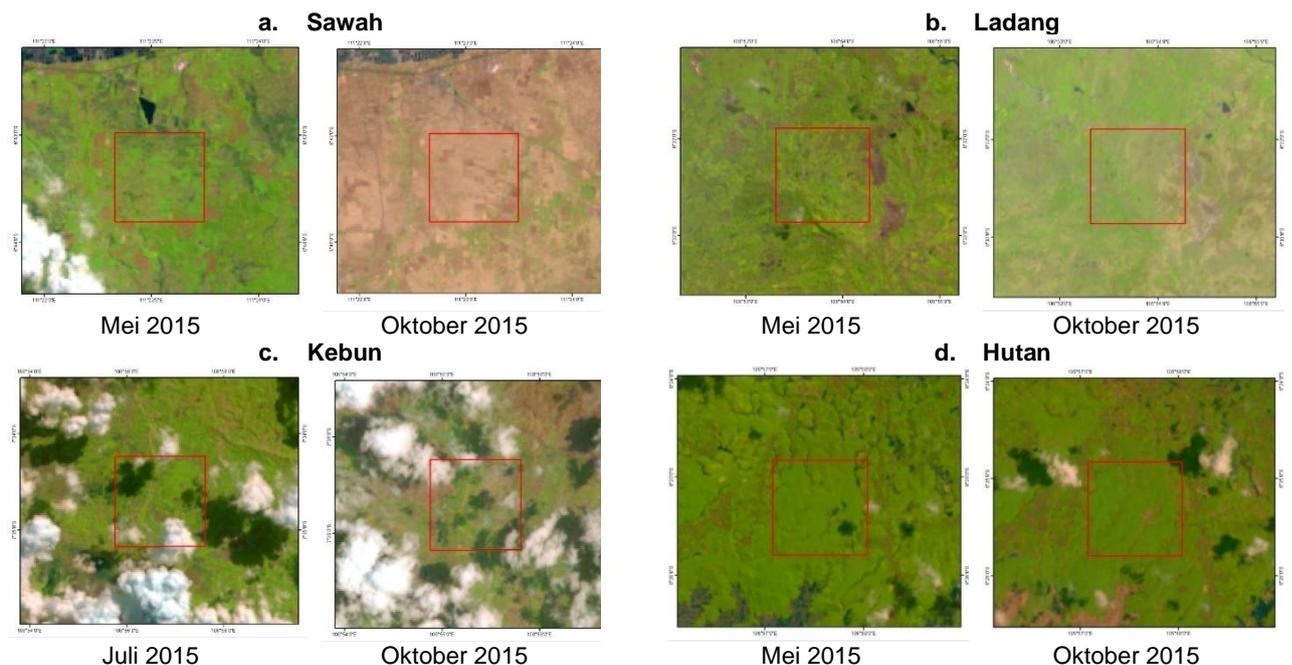
yang ditandai dengan menurunnya akumulasi curah hujan (CH), tidak langsung diikuti dengan menurunkan kondisi vegetasi (EVI). Kemudian jika dibandingkan dengan jeda atau lag 1 bulan (EVI-1) dan jeda 2 bulan (EVI-2) sebelum mengalami penurunan maka dapat dilihat bahwa pola curah

hujan memiliki kemiripan dengan pola EVI-2 yaitu dua bulan setelah kejadian kekeringan meteorologis. Kondisi ini berlaku pada jenis tutupan lahan pertanian (sawah, ladang dan kebun), dan tidak berlaku pada tutupan lahan hutan. Di lahan hutan menurunnya curah hujan tidak terlalu mempengaruhi kekeringan vegetasi di wilayah hutan tersebut mengingat jenis tumbuhan yang didominasi oleh pepohonan (tanaman keras) dengan perakaran dalam. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 4** Grafik (d), dimana pola EVI tetap stabil dengan menurunnya curah hujan. Kondisi ini

dapat menunjukkan bahwa vegetasi hutan lebih dapat beradaptasi dengan adanya kekeringan meteorologis. Selanjutnya jika melihat pemulihan kondisi vegetasi setelah mengalami kekeringan, terlihat hanya butuh 1 bulan sejak curah hujan meningkat sehingga kondisi vegetasi juga meningkat. Hal ini dapat dilihat terutama pada pola EVI dan curah hujan pada wilayah dengan penutup lahan kebun dan ladang, di mana di akhir tahun ketika curah hujan meningkat, maka diikuti dengan pola yang sama dengan EVI-1.



Gambar 4. Perbandingan akumulasi CH dan EVI di Pulau Jawa pada tiga jeda (*lag*) waktu berbeda tahun 2015 (ditandai dengan penomoran EVI) pada empat tutupan lahan: (a) sawah, (b) ladang, (c) kebun dan (d) hutan.



Gambar 5. Kondisi lahan dilihat dari citra Landsat 8 pada saat EVI tertinggi dan EVI terendah (kering) di empat jenis tutupan lahan (a) sawah, (b) ladang, (c) kebun dan (d) hutan.

Kondisi kekeringan pada beberapa lokasi sampel kemudian dikonfirmasi dan divisualisasi menggunakan citra satelit dengan resolusi yang lebih tinggi yaitu citra Landsat 8. **Gambar 5** memperlihatkan kondisi vegetasi di beberapa tutupan lahan saat puncak TKV atau EVI berdasarkan grafik pada **Gambar 4**, yaitu sekitar bulan Mei hingga Juli 2015, serta saat terjadi kekeringan vegetasi (TKV atau EVI rendah) yaitu pada bulan Oktober. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa lahan sawah merupakan daerah yang sangat terdampak, diikuti dengan ladang dan kebun, sedangkan hutan terlihat tidak mengalami perubahan yang besar terhadap tutupan vegetasinya mulai musim hujan hingga kemarau.

Perbandingan TKV pada Kondisi El Niño dan Netral

Jika melihat secara lebih rinci dari data luas area masing-masing tingkat kehijauan vegetasi pada **Tabel 2**, maka dapat dilihat wilayah yang memiliki TKV sangat rendah pada bulan Juli dan Agustus 2015 (**Tabel 2**) terbanyak adalah Provinsi Jawa Barat dan Jawa Timur. Pada bulan September di Jawa Tengah terjadi peningkatan yang cukup signifikan dengan TKV sangat rendah, sehingga pada bulan September wilayah yang memiliki TKV sangat rendah terbanyak adalah Jawa Tengah dan Jawa Timur.

Penambahan luas wilayah kering atau yang memiliki TKV sangat rendah di Jawa Barat dan Jawa Timur berkisar dua hingga tiga kali lipat, yaitu: dari sekitar 229 ribu ha pada bulan Juli menjadi 568 ribu ha pada bulan September di Jawa Barat, dan dari 277 ribu ha pada bulan Juli menjadi 990 ribu ha pada bulan September di Jawa Timur. Sedangkan di Jawa Tengah penambahan wilayah dengan TKV

sangat rendah hampir mencapai enam kali lipat, yaitu: sekitar 137 ribu ha pada bulan Juli menjadi 785 ribu ha di bulan September. Jika dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2019 yang mewakili kondisi netral (**Gambar 6**), TKV bulan Juli hingga September 2019 khususnya di Pulau Jawa tetap mengindikasikan adanya kondisi kering namun tidak ekstrem, dibandingkan dengan kondisi tahun 2015. Hal ini dapat dibuktikan dengan jumlah area yang dikelaskan sebagai TKV rendah pada bulan Juli 2019, terlihat di sebagian kecil wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur. Kemudian pada bulan September terlihat ada penambahan wilayah yang mengalami kekeringan berdasarkan TKV namun perubahannya tidak sebanyak saat tahun 2015. Berdasarkan data luasan pada bulan Juli dan Agustus 2019 (**Tabel 3**), wilayah yang memiliki TKV sangat rendah terluas adalah Jawa Barat dan Jawa Timur, sedangkan pada bulan September adalah Jawa Tengah dan Jawa Timur, dimana luas area TKV sangat rendah ini tidak seluas pada tahun 2015.

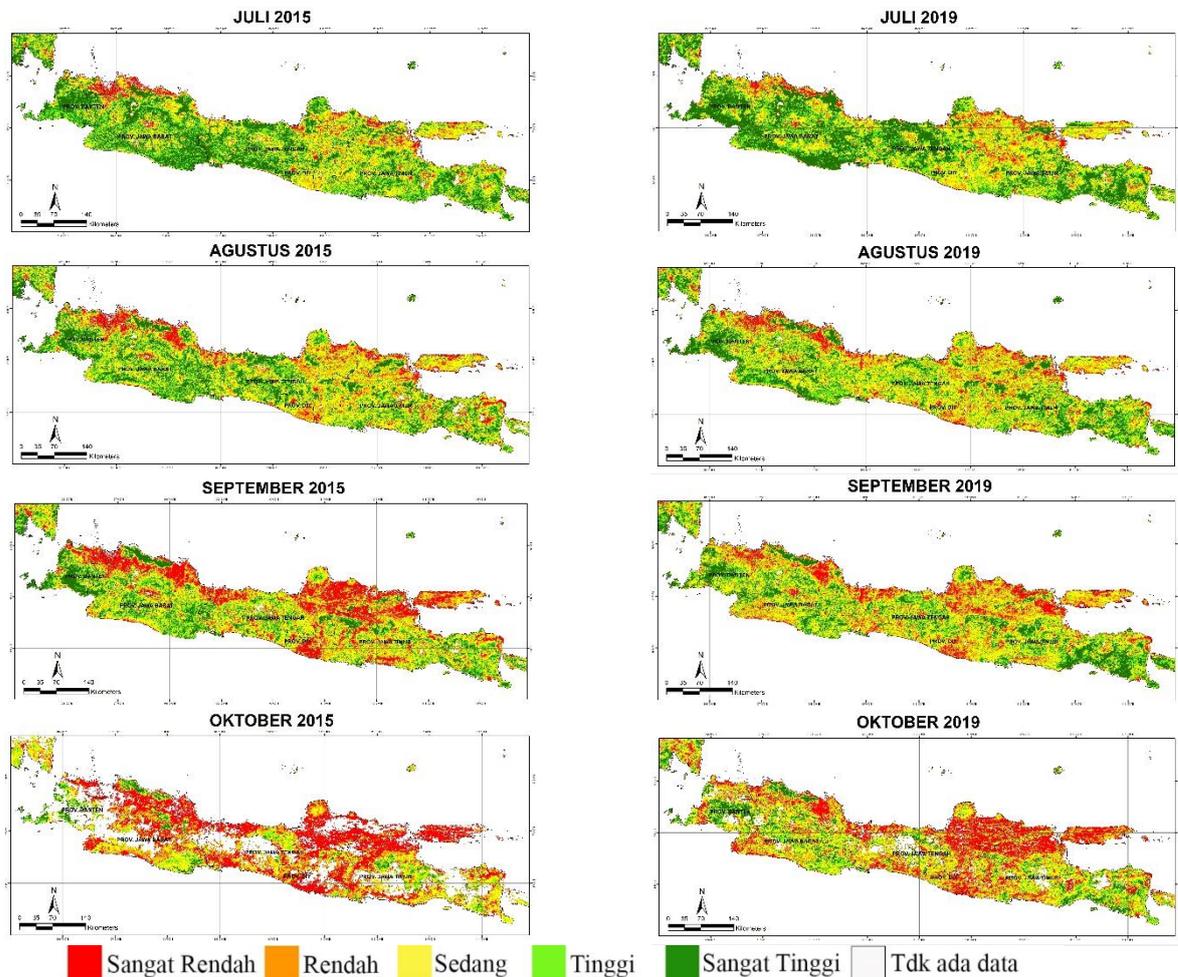
Pada bulan September 2019, luas TKV sangat rendah di Jawa Barat bertambah sekitar dua kali lipat dari 152 ribu ha pada bulan Juli menjadi 359 ribu ha, begitu pula di Jawa Timur terjadi penambahan luas dari 300 ribu ha pada bulan Juli menjadi 573 ribu ha di September 2019. Jawa Tengah mengalami penambahan hampir empat kali lipat dari 129 ribu ha menjadi 499 ribu ha. Sebagai catatan, komparasi area TKV ini hanya dilakukan untuk bulan Juli hingga September (**Tabel 2**) mengingat pada akhir tahun 2015 tutupan awan sangat tebal sehingga banyak pixel yang tidak dapat dihitung. Namun demikian, secara visual dari pixel yang bebas awan menunjukkan bahwa level TKV yang rendah hingga sangat rendah terpantau lebih luas pada tahun 2015 dibandingkan tahun 2019 (**Gambar 6**, ditunjukkan warna jingga-merah).

Tabel 2. Luas Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV) provinsi di Pulau Jawa bulan Juli - September 2015

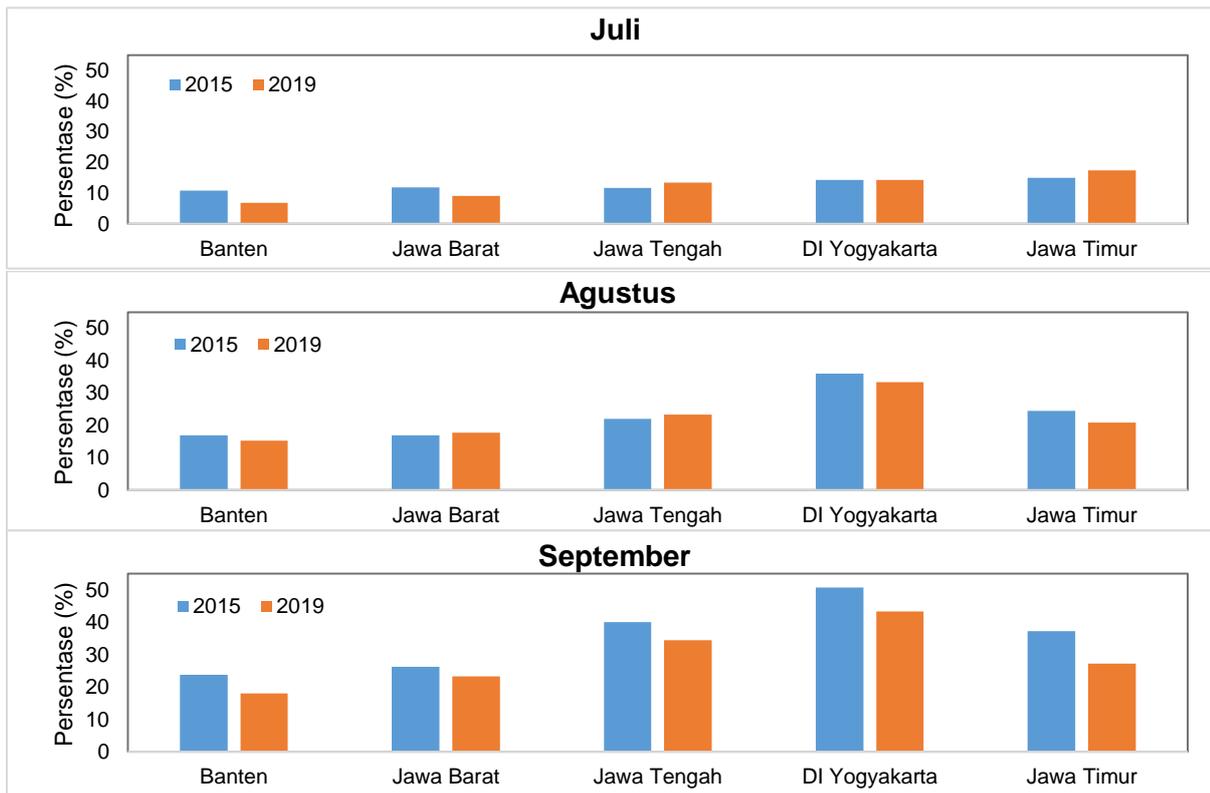
PROPINSI	Sangat Rendah		Rendah		Sedang		Tinggi		Sangat Tinggi	
	Luas (ribu ha)	%								
JULI										
Banten	55.9	6.0	44.7	4.8	153.8	16.4	216.6	23.3	417.6	44.7
Jawa Barat	229.9	6.2	208.1	5.6	867.2	23.4	764.7	20.6	1504.7	40.6
DKI Jakarta	33.0	50.1	3.6	5.5	2.7	4.1	0.5	0.7	0.7	1.1
Jawa Tengah	138.0	4.0	265.9	7.7	1088.7	31.7	663.0	19.3	1198.5	34.8
DI Yogyakarta	9.2	2.9	36.2	11.4	153.0	48.2	45.4	14.3	70.4	22.2
Jawa Timur	277.1	5.8	441.2	9.2	1711.9	35.6	934.5	19.5	1256.4	26.2
AGUSTUS										
Banten	83.7	8.9	75.3	8.1	217.2	23.2	164.9	17.6	342.6	36.6
Jawa Barat	347.0	9.4	277.3	7.5	1,146.0	30.9	721.8	19.5	1,104.5	29.8
DKI Jakarta	39.6	60.3	5.1	7.8	2.8	4.3	0.4	0.7	0.3	0.4
Jawa Tengah	242.8	7.1	512.1	14.9	1,248.6	36.4	542.6	15.8	805.3	23.5
DI Yogyakarta	30.7	9.7	83.5	26.3	123.7	39.0	41.5	13.1	34.6	10.9
Jawa Timur	468.5	9.8	708.5	14.7	1,809.5	37.7	664.2	13.8	940.8	19.6
SEPTEMBER										
Banten	147.6	15.8	74.7	8.0	172.7	18.5	127.2	13.6	360.3	38.5
Jawa Barat	568.7	15.4	401.3	10.8	1,177.1	31.8	628.4	17.0	818.4	22.1
DKI Jakarta	43.2	65.7	2.8	4.2	1.9	2.9	0.2	0.4	0.1	0.2
Jawa Tengah	785.2	22.9	589.4	17.2	1,144.9	33.3	376.5	11.0	421.7	12.3
DI Yogyakarta	100.3	31.6	60.7	19.1	105.5	33.2	25.4	8.0	20.2	6.3
Jawa Timur	990.5	20.6	803.4	16.7	1,579.9	32.9	550.6	11.5	674.3	14.0

Tabel 3. Luas Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV) provinsi di Pulau Jawa bulan Juli - September 2019

PROVINSI	Sangat Rendah		Rendah		Sedang		Tinggi		Sangat Tinggi	
	Luas (ribu ha)	%								
JULI										
Banten	21.2	2.3	41.7	4.5	181.9	19.5	153.3	16.4	492.1	52.6
Jawa Barat	152.4	4.1	186.0	5.0	886.7	23.9	695.6	18.8	1691.9	45.7
DKI Jakarta	28.3	43.0	14.4	21.9	13.3	20.2	2.4	3.7	2.5	3.8
Jawa Tengah	129.6	3.8	328.5	9.6	1112.6	32.4	619.2	18.0	1175.3	34.2
DI Yogyakarta	11.5	3.6	34.1	10.7	164.2	51.7	57.8	18.2	45.1	14.2
Jawa Timur	300.4	6.3	537.1	11.2	1704.1	35.5	790.0	16.4	1267.0	26.4
AGUSTUS										
Banten	66.6	7.1	76.7	8.2	206.8	22.1	145.1	15.5	384.2	41.1
Jawa Barat	310.9	8.4	343.0	9.3	1,297.9	35.0	678.1	18.3	955.7	25.8
DKI Jakarta	37.4	56.9	8.9	13.6	7.3	11.2	1.4	2.0	1.6	2.4
Jawa Tengah	266.0	7.7	535.7	15.6	1,516.5	44.2	494.6	14.4	538.6	15.7
DI Yogyakarta	40.1	12.6	66.2	20.8	144.6	45.5	31.2	9.8	30.5	9.6
Jawa Timur	361.9	7.5	638.0	13.3	1,738.2	36.2	757.8	15.8	1,105.1	23.0
SEPTEMBER										
Banten	76.0	8.1	92.5	9.9	283.4	30.3	123.6	13.2	284.3	30.4
Jawa Barat	359.3	9.7	498.4	13.5	1,378.6	37.2	555.9	15.0	796.8	21.5
DKI Jakarta	35.0	53.3	12.0	18.3	9.0	14.5	2.3	3.5	1.7	2.6
Jawa Tengah	499.3	14.5	684.6	19.9	1,280.0	37.3	419.6	12.2	467.8	13.6
DI Yogyakarta	63.4	20.0	74.0	23.3	122.0	38.4	27.5	8.7	25.6	8.1
Jawa Timur	573.8	11.9	734.7	15.3	1,605.2	33.4	674.0	14.0	1,053.4	21.9



Gambar 6. Tingkat kehijauan vegetasi saat musim kemarau tahun 2015 (kiri) dibandingkan dengan 2019 (kanan) bulan Juli s.d. Oktober.



Gambar 7. Perbandingan persentase tingkat kehijauan vegetasi rendah-sangat rendah di 5 provinsi di Pulau Jawa.

Berdasarkan perbandingan persentase luas tingkat kehijauan vegetasi rendah dan sangat rendah di lima provinsi pada Gambar 7 dapat lebih jelas terlihat bahwa pada awal musim kering yaitu bulan Juli tahun 2015 memiliki persentase yang hampir sama dengan tahun 2019, dengan persentase tertinggi berada di Provinsi Jawa Timur. Perbedaan mulai terlihat mulai bulan Agustus dengan penambahan persentase luas wilayah dengan TKV rendah pada tahun 2015 (lihat Gambar 6 sebagai pembandingan). Pada beberapa wilayah yaitu Provinsi Banten, DI Yogyakarta dan Jawa Timur, tahun 2015 memiliki TKV rendah dengan persentase lebih tinggi dibandingkan bulan Agustus 2019. Selanjutnya pada bulan September, perbedaan persentase antara tahun 2015 dan 2019 semakin besar, dimana persentase TKV rendah dan sangat rendah lebih tinggi pada tahun 2015, dibandingkan 2019 di seluruh provinsi di Pulau Jawa. Berdasarkan perbandingan dua waktu tadi, yaitu kondisi kering saat El Niño tahun 2015 dan kondisi iklim netral saat tahun 2019, menunjukkan bahwa kelas tingkat kehijauan vegetasi yang digunakan dalam studi ini dapat digunakan untuk memantau kondisi kekeringan di suatu wilayah, khususnya wilayah pertanian.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis variasi tingkat kehijauan vegetasi (TKV) selama musim kering ekstrim pada tahun 2015 di Pulau

Jawa. Untuk memperoleh perspektif kekeringan pada tahun non-ekstrim, analisis juga dilakukan untuk tahun 2019. Hasil studi menunjukkan bahwa tingkat kehijauan vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk pemantauan kondisi kekeringan di Pulau Jawa, khususnya untuk wilayah pertanian. Pengelompokan nilai indeks vegetasi EVI mampu memberikan detail informasi kondisi kekeringan pada musim kemarau pada kondisi iklim yang berbeda. Dalam penelitian ini juga diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa terdapat jeda waktu dampak dari kekeringan meteorologi terhadap menurunnya kondisi tutupan vegetasi secara alami selama kurang lebih 2 bulan sejak penurunan akumulasi curah hujan di suatu wilayah. Jeda waktu itu berlaku untuk wilayah pertanian khususnya, atau wilayah dengan jenis tutupan lahan yang tidak memiliki perakaran dalam (tanaman keras) seperti hutan. Meskipun penelitian ini dilakukan terbatas untuk wilayah Pulau Jawa, akan tetapi pengelompokan kehijauan vegetasi ini dapat diterapkan pada wilayah lain yang memiliki tutupan atau penggunaan lahan yang serupa. Namun demikian, kajian yang mendalam perlu dilakukan di tempat lain, atau dengan menggunakan indeks vegetasi lain yang belum dikaji dalam studi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., & Zhou, Y. (2015). Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108(October 2017), 151-160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.07.004>.
- Bayarjargal, Y., Adyasuren, T., Munkhtuya, S. (2000). Drought and vegetation stress monitoring in the arid and semi-arid region of the Mongolia using remote sensing and ground data. *Proc. of the 21st Asian Conf. Remote Sensing*, 2, 372-377.
- Choubin, B., Soleimani, F., Pirnia, A., Sajedi-Hosseini, F., Ailou, H., Rahmati, O., ... Shahabi, H. (2019). Effects of drought on vegetative cover changes: Investigating spatiotemporal patterns. In *Extreme Hydrology and Climate Variability: Monitoring, Modelling, Adaptation and Mitigation* (Vol. 2). Elsevier Inc. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815998-9.00017-8>.
- Didan, K., Munoz, A.B., Solano, R., & Huete, A. (2015). *MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series) Version 3.0 Ccollection 6*. 2015(May), 38.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195-213. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0020-1693\(00\)85959-9](https://doi.org/10.1016/S0020-1693(00)85959-9).
- Ji, L., & Peters, A.J. (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. *Remote Sensing of Environment*, 87(1), 85-98. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00174-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00174-3).
- Kementan (Kementerian Pertanian), LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional), WFP (World Food Programme of United Nations) & FAO (Food and Agricultural Organization of United Nations). (2016). *Buletin Pemantauan Ketahanan Pangan di Indonesia, Fokus Utama: Dampak El Niño*, 2, 1-23.
- McVicar, T.R., & Bierwirth, P.N. (2001). Rapidly assessing the 1997 drought in Papua New Guinea using composite AVHRR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 22(11), 2109-2128. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160120728>.
- Nanzad, L., Zhang, J., Tuvdendorj, B., Nabil, M., Zhang, S., & Bai, Y. (2019). NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016. *Journal of Arid Environments*, 164(May 2018), 69-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.019>
- NASA (The National Aeronautics and Space Administration). (2021). *Life Remote Sensing*. Diunduh dari: https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_4.php [15 September, 2021].
- NWS (National Weather Service). (2021). *Cold & Warm Episodes by Season*. Diunduh dari: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php [15 September 2021].
- Prathumchai, K., Honda, K., & Nualchawee, K. (2001). Drought risk evaluation using remote sensing and GIS: a case study in Lop Buri Province. *Paper Presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing*, 5(January 2001), 9.
- Safitri, D.R., & Sihalo, E.D. (2020). Lumbang Padi Indonesia dan Kemiskinan: Studi Kasus Kabupaten Kota di Jawa Timur. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 4(1), 56. DOI: <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v4i1.109>
- Song, X., Saito, G., Kodama, M., & Sawada, H. (2004). Early detection system of drought in East Asia using NDVI from NOAA/AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 25(16), 3105-3111. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160310001598890>.
- Tong, S., Bao, Y., Te, R., Ma, Q., Ha, S., & Lusi, A. (2017). Analysis of drought characteristics in Xilingol grassland of northern China based on spei and its impact on vegetation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/5209173>.
- USGS (United States Geological Survey) & USAID (United States Agency for International Development). (ND). *CHIRPS (Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Station Data)*. Diunduh dari: <https://earlywarning.usgs.gov/fews>. [12 September 2021].
- Usman, E., Anistia, H., & Lisa, A. (2019). Analisis fenomena el niño tahun 2015 dan dampaknya terhadap anomali curah hujan di Semarang. *Conference: Seminar Nasional Sains Atmosfer (SNSA) 2017*, (February).
- Vicente-Serrano, S. M., Cuadrat-Prats, J. M., & Romo, A. (2006). Aridity influence on vegetation patterns in the middle Ebro Valley (Spain): Evaluation by means of AVHRR images and climate interpolation techniques. *Journal of Arid Environments*, 66(2), 353-375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.10.021>.
- WMO (World Meteorological Organization). (2019). WMO issues El Niño/La Niña Update. Diunduh dari: <https://public.wmo.int/en/media/news/wmo-issues-el-niño-la-niña-update> [15 September 2021].
- Yananto, A., & Dewi, S. (2016). Analisis Kejadian El Niño Tahun 2015 Dan Pengaruhnya Terhadap Peningkatan Titik Api Di Wilayah Sumatera Dan Kalimantan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 17(1), 11. DOI: <https://doi.org/10.29122/jstmc.v17i1.544>.
- Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E., & Tucker III, C.J. (2016). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales. *Lund University Center for Sustainability Studies (LUCSUS), and The Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility (STAP/GEF)*, 47. Diunduh dari: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24112-8> [14 September 2021].

Halaman ini sengaja kami kosongkan