

Pemetaan Tingkat Kekeringan Lahan pada Fenomena El Nino 2002, 2009, dan 2015 di Provinsi Bali dengan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

NI PUTU AYU KRISMAYANI
I WAYAN NUARSA*)
R. SUYARTO

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana
Jl. P.B. Sudirman Denpasar Bali 80231

*)Email: nuarsa@unud.ac.id

ABSTRACT

Mapping of Land Drought in El Nino Phenomenon 2002, 2009 and 2015 in Bali Province Using Remote Sensing Technology and Geographical Information System

Land dryness caused by the El Nino phenomenon in an area has a major impact on land productivity. The objectives of this study are (1) to compare the level of land dryness based on the El Nino phenomenon in 2002, 2009 and 2015, and (2) to determine the impact of El Nino on food crop production in Bali Province. To achieve this goal, this study uses Terra MODIS images. Drought condition is evaluated using vegetation greenness and air temperature parameters. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Vegetation Condition Index (VCI) are used to predict the vegetation greenness, where as Land Surface Temperature (LST) and Temperature Condition Index (TCI) are utilized to estimate the air temperature. Finally, Vegetation Healthy Index (VHI) is calculated based on value of VCI and TCI. The results shows that the El Nino phenomena in 2002 is the strongest dryness in Bali Province followed by the El Nino in 2015 and 2009. Most of the drought is spread over coastal area of Bali Province. There is the time lag around 6 months between decreasing of rainfall and appearance of drought symptoms. The total production of food crops in 2015 is the lowest, namely 1,032,067 tons, compared with production in 2002 and 2009 that is 1,127,452 tons and 1,252,443 tons respectively. However, statistically El Nino phenomena has no significant effect on food crop production. This is caused by the rice field irrigation sistem in Bali Province is still well maintained and the ability of farmers to mitigate the impact of drought on agriculture production.

Keywords: land drought, El-Nino phenomenon, VHI, Remote Sensing

1. Pendahuluan

Kekeringan lahan yang melanda suatu daerah menimbulkan dampak yang besar terhadap produktivitas lahan pertanian. Fenomena El Nino merupakan salah satu

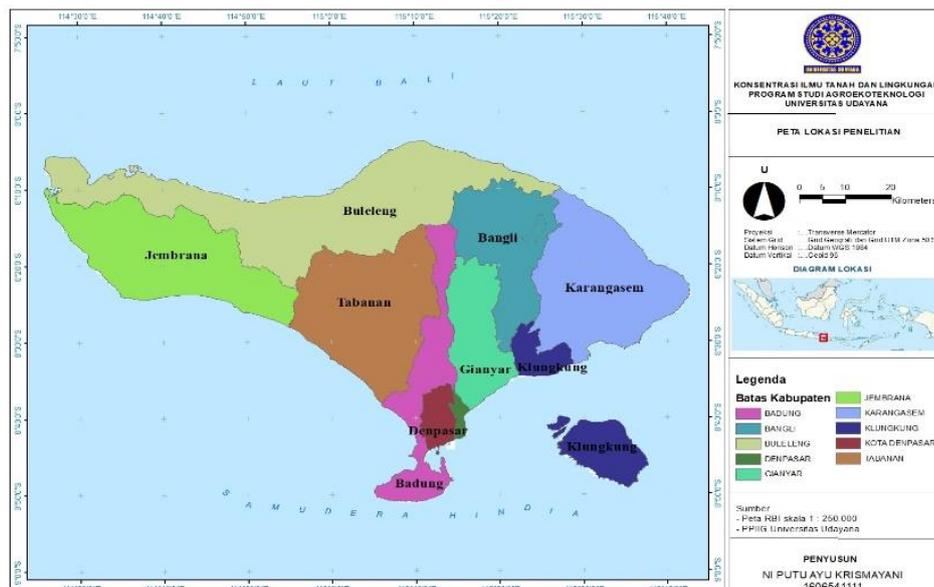
gejala penyimpangan kondisi dengan meningkatnya suhu permukaan laut yang signifikan di samudera Pasifik dan berdampak pada pengurangan jumlah curah hujan yang signifikan di Indonesia (BMKG, 2015). Fenomena El Nino dapat memicu kemarau panjang akibat pergeseran awal musim penghujan. Kekeringan pada suatu lahan berdampak pada kesehatan tanaman. Pertanian tanaman pangan khususnya padi di Bali merupakan daerah dengan rata-rata produktivitas tertinggi di Indonesia yang hampir mencapai 6 ton per hektare GKG (Gabah Kering Giling) (BPS 2018). Produksi padi di Bali cenderung mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Jika permasalahan ini terus berlanjut maka cita-cita pemerintah untuk swasembada pangan akan semakin jauh dari kenyataan. Permasalahan ini berpengaruh terhadap produksi tanaman pangan lainnya, salah satu faktornya adalah kekeringan.

Teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG) merupakan metode yang dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan kekeringan lahan. Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk membandingkan kondisi El Nino tahun 2002, 2009 dan tahun 2015 dengan pola sebaran tingkat kekeringan lahan dengan menggunakan indeks kesehatan tanaman (VHI) dan (2) untuk mengetahui pengaruh El Nino terhadap produksi tanaman pangan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Provinsi Bali. Secara geografis Provinsi Bali terletak diantara $114^{\circ}25'53''$ - $115^{\circ}42'40''$ Bujur Timur dan $08^{\circ}03'40''$ - $08^{\circ}50'48''$ Lintang Selatan, dengan luas pulau Bali yaitu 5.780 km^2 . Daerah penelitian terdiri dari 9 Kabupaten dan Kota, yaitu Kabupaten Buleleng, Jembrana, Tabanan, Denpasar, Badung, Gianyar, Klungkung, Karangasem, Bangli, dan Kota Denpasar.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Waktu dan Tempat

Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mencakup Kabupaten yang ada di Provinsi Bali. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni 2020 hingga Agustus 2020.

2.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah perangkat keras diantaranya komputer/laptop ASUS *series* E402W dengan spesifikasi CPU AMD *Quad Core* E2-6110 1.5Hz RAM 4GB. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pengolahan data adalah *software* Microsoft Office dan Exel 2013, *software* QGIS 3.6, Arcgis 10.4, data citra Terra MODIS *Normalized Difference Vegetation Index* (MOD13A3) dan *Land Surface Temperature* (MOD11A2) dengan resolusi spasial 1 km. Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Durasi citra Terra MODIS yang digunakan adalah 16 tahun mulai dari tahun 2002-2017. Sementara itu, data curah hujan dan data produksi tanaman pangan di Provinsi Bali juga diperlukan sebagai data sekunder.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut: 1). Studi Pustaka, 2) Pengumpulan data, 3) Pengolahan citra, 4) Proses analisis dan klasifikasi perbandingan tingkat kekeringan lahan.

2.4.1 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan metode pengumpulan data dengan mengumpulkan pustaka-pustaka yang berupa informasi yang berkaitan dengan daerah penelitian dan bahan penulisan skripsi seperti referensi teori El Nino, teori kekeringan, analisis digital NDVI, LST, VCI, TCI dan VHI.

2.4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diantaranya adalah *download* citra Terra MODIS, pengumpulan data curah hujan 15 tahun terakhir, dan data produksi tanaman pangan. Citra Terra MODIS diunduh dari website <https://earthdata.nasa.gov/>. Data curah hujan bulanan dari tahun 2002 sampai tahun 2017 didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Bali. Data curah hujan digunakan sebagai data pembanding dan pendukung terhadap kekeringan yang terjadi, sedangkan data produksi tanaman diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Bali

2.4.3 Pengolahan Citra

Citra Terra Modis bulanan dianalisis untuk memperoleh NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dan VCI (*Vegetation Condition Index*). Sementara itu, LST (*Land Surface Temperature*) dan TCI (*Temperature Condition Index*) menggunakan citra 8 harian. Nilai VHI (*Vegetation Healthy Index*) diperoleh dari kombinasi TCI dengan VCI.

1. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Indeks vegetasi merupakan pengukuran tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi (Huete, 2011). NDVI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Rouse et al., (1973) dalam Tucker (1979) sebagai berikut:

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

dimana:

NIR : nilai digital citra saluran inframerah dekat

Red : nilai digital citra saluran merah

2. LST (*Land Surface Temperature*)

Data LST digunakan untuk menggambarkan pengaruh suhu permukaan terhadap kesehatan tanaman karena apabila suhu permukaan tinggi maka kelembaban akan rendah. (USGS, 2015 dalam Delarizka, 2016). LST dalam penelitian ini sudah siap digunakan yang diperoleh dari produk citra MODIS MOD11A2. Selanjutnya untuk mengkonversi nilai LST (K°) ke LST (C°) maka hasilnya dikurangi dengan 273.

3. VCI (*Vegetation Condition Index*) dan TCI (*Temperature Condition Index*)

Indeks VCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang NDVI. Indeks TCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang LST. Nilai VCI dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Amalo, 2016):

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:

NDVI : nilai NDVI pada bulan tertentu,

NDVI_{min} : nilai NDVI minimum jangka panjang

NDVI_{max} : nilai NDVI maksimum jangka panjang.

Untuk menghitung TCI diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TCI = \frac{LST_{max} - LST}{LST_{max} + LST_{min}} \times 100\% \quad (3)$$

dimana:

TCI : nilai TCI pada bulan tertentu

LST_{min} : nilai LST minimum jangka panjang

LST_{max} : nilai LST maksimum jangka panjang.

4. VHI (*Vegetation Health Index*)

Indeks VHI merupakan salah satu indeks yang digunakan untuk menggambarkan keadaan vegetasi secara spasial dan temporal. Untuk menghitung nilai VHI didapatkan dari kombinasi indeks VCI dan TCI. Perhitungan indeks VHI dapat dilakukan dengan rumus:

$$VHI = (0,5 \times VCI) + (0,5 \times TCI) \quad (4)$$

Menurut Kogan (2001) akibat kontribusi kelembaban dan suhu permukaan yang tidak diketahui secara jelas pada siklus vegetasi, maka diasumsikan bobot VCI dan TCI adalah sama atau seimbang yaitu 0.5.

2.4.4 Proses Analisis dan Klasifikasi

Setelah pengolahan citra, kemudian dilakukan klasifikasi tingkat kekeringan. Klasifikasi tingkat kekeringan dilakukan dengan mengelompokkan indeks VHI kedalam lima kelas kekeringan. Nilai indeks VHI untuk tiap kelas kekeringan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi kekeringan berdasarkan nilai VHI (Kogan 2001)

No	Nilai VHI	Keterangan
1	0 - <10	Kekeringan ekstrem
2	10 - <20	Kekeringan kuat
3	20 - <30	Kekeringan sedang
4	30 - <40	Kekeringan ringan
5	≥ 40	Tidak terjadi kekeringan

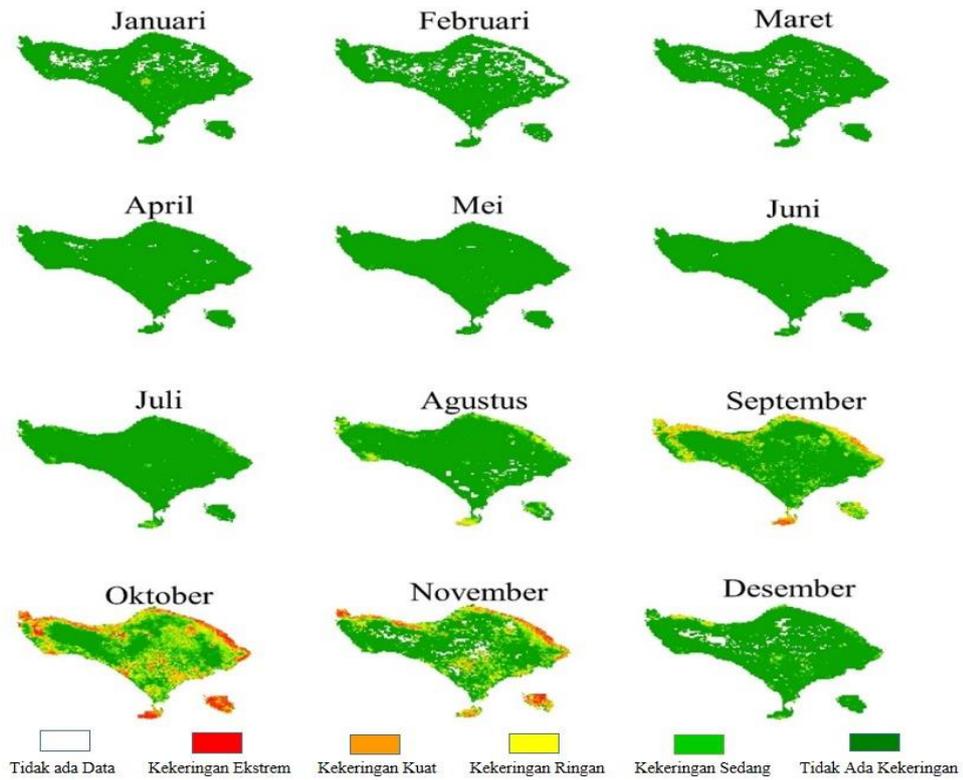
2.5 Uji t berpasangan

Analisis statistik pada penelitian ini menggunakan uji t berpasangan (*t-test pair*) untuk mengetahui apakah ada perbedaan secara signifikan antara produksi tanaman pangan pada tahun 2002, 2009, dan 2015 saat terjadi fenomena El Nino dengan produksi pada tahun normal. Produksi tanaman pangan tahun 2002, 2009, dan 2015 berturut-turut dibandingkan dengan produksi tanaman pangan pada tahun normal yaitu 2001, 2008, dan 2014.

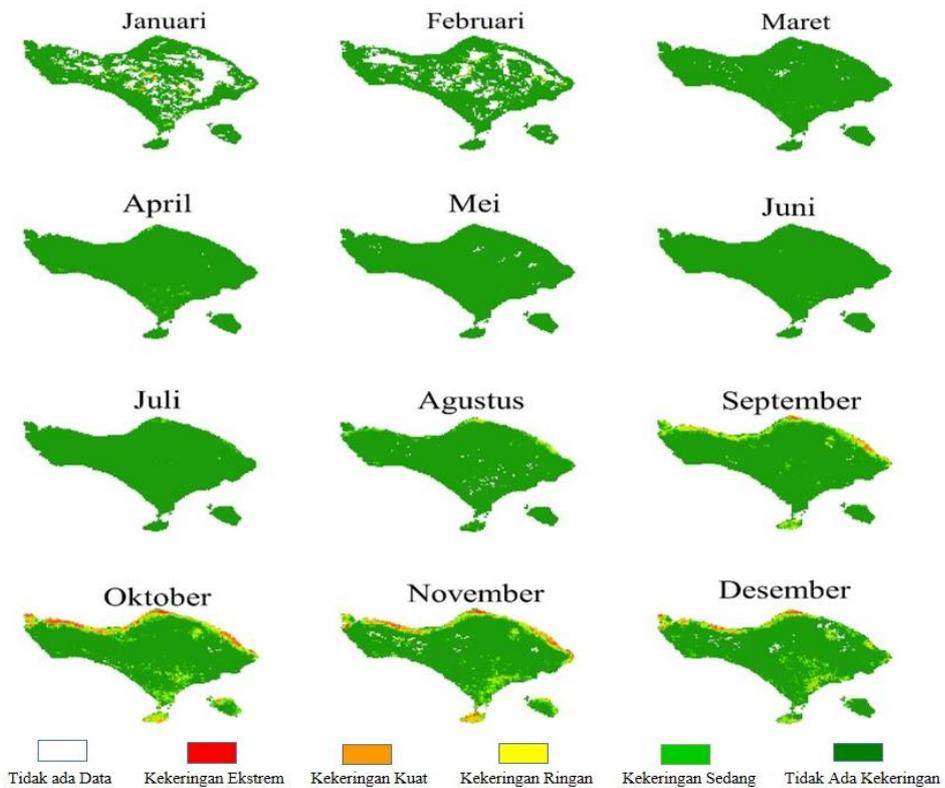
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pola Sebaran Spasial Kekeringan Lahan di Bali

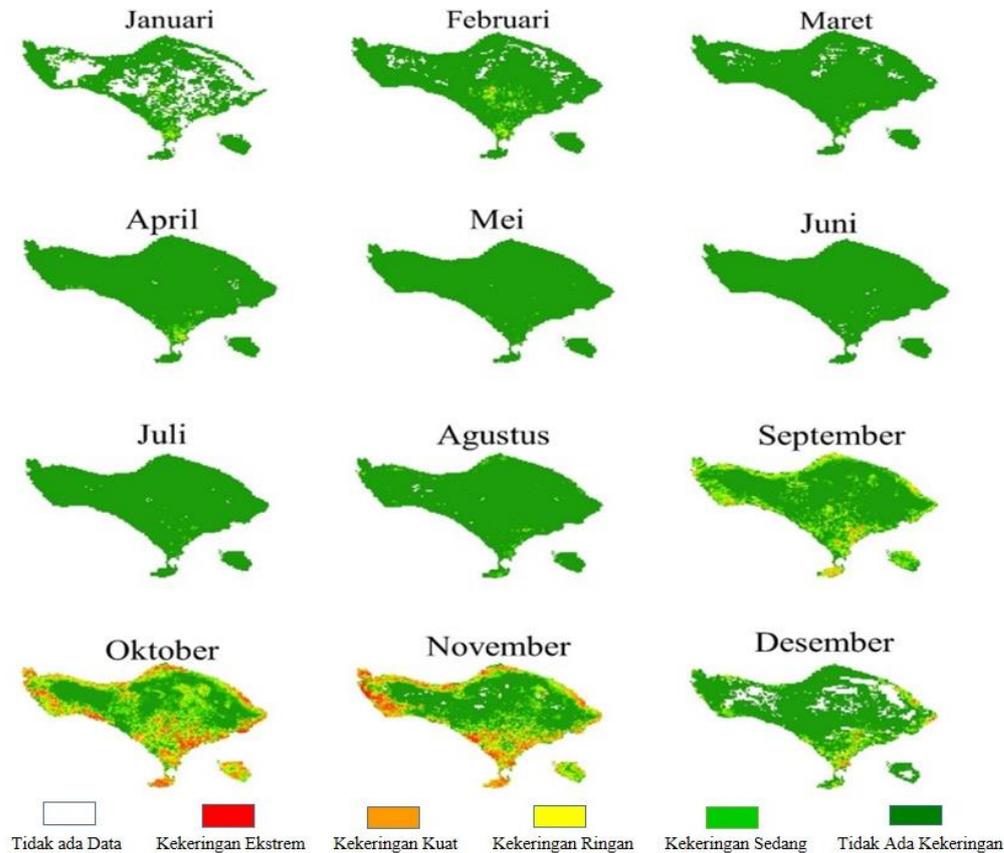
Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, kekeringan di wilayah Bali ditentukan berdasarkan nilai kelas kekeringan atau indeks kesehatan tanaman (*Vegetation Health Index*) dapat dilihat pada Tabel 1. Warna pada hasil pengolahan data dikategorikan dalam kelas kekeringan atau VHI. Warna merah menunjukkan kekeringan yang ekstrem dengan nilai VHI berkisar 0 - <10, warna oranye menunjukkan kekeringan yang kuat dengan nilai berkisar 10 - <20, warna kuning menunjukkan kekeringan yang sedang dengan nilai berkisar 20 - <30, warna hijau muda menunjukkan kekeringan yang ringan dengan nilai 30 - <40, dan warna hijau tua menunjukkan tidak adanya kekeringan dengan nilai berkisar ≤ 40 . Nilai VHI menjadi parameter utama dalam penelitian ini untuk mendeskripsikan tingkat kekeringan lahan, dimana nilai VHI yang tinggi menunjukkan kehijauan yang tinggi atau tidak adanya kekeringan sedangkan nilai VHI yang rendah menunjukkan lahan yang tidak bervegetasi atau dapat dikategorikan sebagai kekeringan yang ekstrem.



Gambar 2. Peta Sebaran Kekeringan di Provinsi Bali tahun 2002



Gambar 3. Peta Sebaran Kekeringan di Provinsi Bali tahun 2009



Gambar 4. Peta Sebaran Kekeringan di Provinsi Bali tahun 2015

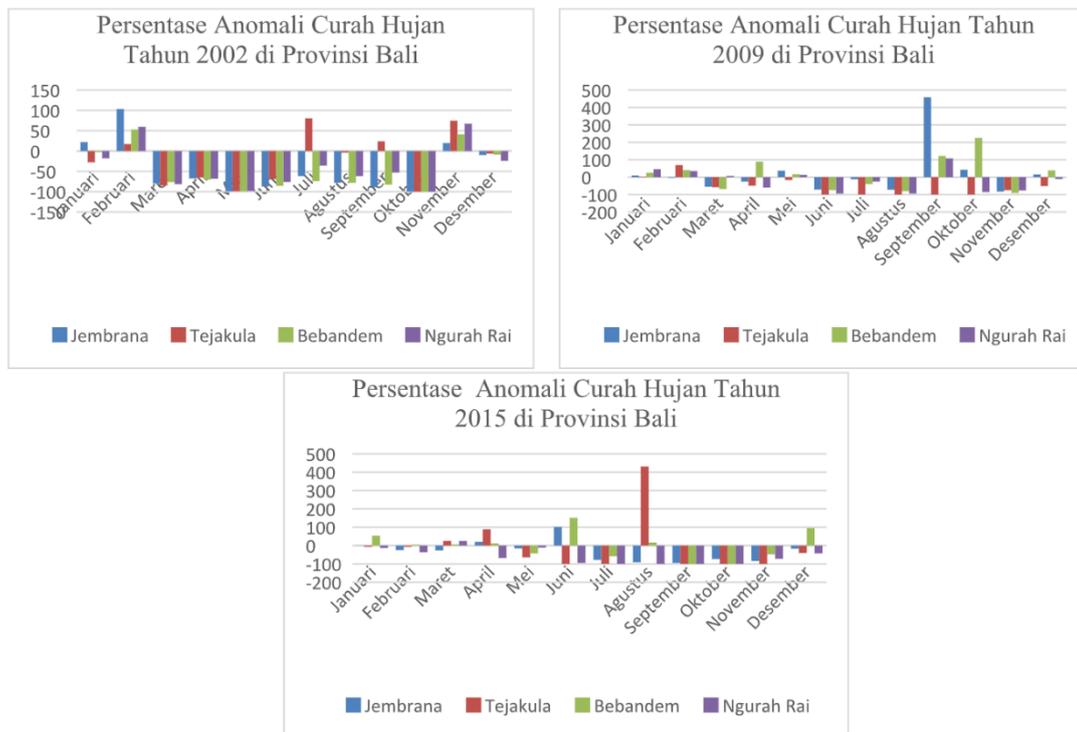
Berdasarkan perbandingan luas area kekeringan, fenomena El Nino yang terjadi pada tahun 2002 menunjukkan indikasi kekeringan paling kuat, kemudian diikuti oleh kekeringan tahun 2015 dan tingkat kekeringan paling rendah terjadi pada tahun 2009. Hal tersebut dapat dilihat dari perbandingan tingkat dan luas kekeringan yang terjadi (Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Tabel 4.)

Tabel 4. Perbandingan Tingkat Kekeringan Lahan pada Fenomena El Nino Tahun 2002, 2009, dan 2015 di Bali (km²)

Tahun	Kekeringan Ekstrem-Kuat	Persentase
2002	1.586	28,3%
2009	531	9,5%
2015	1.528	27,3%

Sebaran kekeringan pada ketiga tahun tersebut terlihat nyata pada bulan September, Oktober, November dan mulai mengalami penurunan pada bulan Desember. Sementara itu, kekeringan maksimum pada tahun 2002, 2009 dan 2015 terjadi pada bulan Oktober. Curah hujan di Bali secara umum termasuk ke dalam pola curah hujan monsoonal. Pola curah hujan monsoonal ini ditandai dengan satu puncak musim hujan yaitu antara bulan Desember, Januari dan Februari, serta mempunyai

perbedaan yang jelas antara musim hujan dan musim kemarau (Bayong Tjasyono, 1999 dalam jurnal Bintari, 2017). Berikut merupakan gambar grafik anomali curah hujan tahun 2002, 2009, dan 2015 di Bali:



Gambar 5. Persentase Anomali Curah Hujan tahun 2002, 2009, dan 2015

Pola kekeringan spasial terjadi sekitar 6 bulan dari awal terjadinya penurunan curah hujan akibat adanya *time lag* (penundaan) antara curah hujan dengan munculnya gejala kekeringan. Sebagai salah satu contoh saat curah hujan minimum di bulan Maret pada tahun 2002 namun gejala kekeringan mulai nampak pada bulan September dan puncaknya berada di bulan Oktober. Adanya *time lag* antara curah hujan dengan tingkat kekeringan membuat pola curah hujan dan luas kekeringan mengalami penyimpangan yang disebabkan oleh adanya interval waktu dari turunnya hujan dengan waktu sampainya air hujan ke akar tanaman yang akan memengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketika terjadi penurunan curah hujan, tanah masih menyimpan cadangan air yang cukup untuk tanaman sehingga dampak kekeringan tidak langsung terlihat (Chopra, 2006).

3.2 Produksi Tanaman Pangan pada Fenomena El Nino di Bali

Berdasarkan data yang telah diperoleh, produksi tanaman pangan pada fenomena El Nino tahun 2015 mengalami penurunan sebesar 6,37% dengan total produksi 1,032,067 ton jika dibandingkan dengan musim normal tahun 2014. Hal tersebut terjadi akibat kegagalan produksi akibat faktor iklim yang kering. Hal yang sama terjadi pada tahun 2002 dimana produksi tanaman pangan lebih rendah dibandingkan tahun 2001 yaitu 1,127,452 ton dengan penurunan sebesar 1,05%. Di lain pihak, pada

fenomena El Nino tahun 2009 produksi tanaman pangan justru lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2008 dengan kenaikan 3,96% (Tabel 5). Hal ini disebabkan karena di tahun 2009 tingkat kekeringan tidak begitu kuat, sementara sistem irigasi sawah dimana tanaman pangan ditanam masih terpelihara dengan baik sehingga air irigasi masih dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Beberapa tanaman pangan seperti padi justru dapat berproduksi optimal pada penyinaran yang lebih tinggi. Berikut merupakan tabel total produksi tanaman pangan pada fenomena El Nino dan kondisi normal:

Tabel 5. Total Produksi Tanaman Pangan pada Fenomena El Nino dan Kondisi Normal

Tahun	Jagung	Padi	Kedelai	Ubi Kayu	Ubi Jalar	Kacang Hijau	Kacang Tanah	Total
2001	84.966	814.714	11.731	159.644	50.936	1.462	15.989	1.139.442
2002	92.407	809.688	10.067	129.072	68.746	1.222	16.250	1.127.452
2008	77.619	840.465	9.323	169.761	88.201	895	16.592	1.202.856
2009	92.998	878.764	13.521	171.456	78.985	1.134	15.585	1.252.443
2014	40.613	857.944	8.187	131.887	54.395	941	8.355	1.102.322
2015	40.603	853.899	7.259	86.070	36.655	516	7.065	1.032.067

Perbandingan persentase produksi tanaman pangan pada fenomena El Nino dan kondisi normal disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Total Produksi Tanaman Pangan

Tahun	Produksi Tanaman Pangan (ton)		Persentase
	Kondisi Normal	El Nino	
2001-2002	1.139.442	1.127.452	-1,05%
2008-2009	1.202.856	1.252.443	+3,96%
2014-2015	1.102.322	1.032.067	-6,37%

Keterangan: (-) mengalami penurunan, (+) mengalami kenaikan

Berdasarkan analisis uji t-test berpasangan, produksi tanaman pangan tahun 2002, 2009 dan 2015 tidak berpengaruh nyata atau non signifikan terhadap produksi tanaman pada tahun normal. Hal ini berarti tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap penurunan produksi tanaman akibat kekeringan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena sistem dan cadangan air irigasi di Provinsi Bali masih baik dan kesiapan para petani dalam melakukan mitigasi untuk mengurangi dampak kekeringan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pola sebaran spasial dan luas area kekeringan, El Nino yang paling kuat terjadi pada tahun 2002, kemudian diikuti El Nino pada tahun 2015 dan tahun

2009. Secara visual pada peta, kekeringan mulai terlihat nyata pada bulan September, Oktober, November dengan puncak kekeringan terjadi pada Bulan Oktober untuk ketiga tahun yang diamati. Produksi tanaman pangan pada fenomena El Nino tahun 2015 yang paling rendah kemudian diikuti oleh produksi tanaman pangan pada tahun 2002 dan 2009. Fenomena El Nino tidak berpengaruh signifikan terhadap penurunan produksi pangan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada PPIIG Universitas Udayana yang telah memberikan data dan tempat untuk analisis citra selama penulis melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Amalo, 2016. Analisis Kekeringan Pertanian di Jawa Timur Menggunakan Vegetation Health Index. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor
- Bintari, 2017. *Analisis Neraca Air Meteorologis di Provinsi Bali*. Tangerang Selatan: Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
- Chopra P. 2006. Drought Risk Assessment using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Gujarat. Thesis. Department of Space. India: Indian Institute of Remote Sensing
- Huete, A., Didan, K., Leeuwen, W.V., Miura, T., Glenn, E., 2011. *MODIS Vegetation Indices*. Land Remote Sensing and Global Environmental Change. Springer. New York.
- Kogan, FN. 2001. Operational space technology for global vegetation assessment. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 82: 1949–1964.