

Pemetaan Indeks Kesehatan Vegetasi dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis pada Kondisi El Nino, La Nina dan Normal di Provinsi Bali

IDA AYU PUTU JELANTIK PARWATI
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 Vegetation Health Index Using Remote Sensing Data and Geographical Information Systems in El Nino, La Nina and Normal Conditions in Bali Province

This research is about mapping the vegetation health index using Terra Modis level 3 imagery in Bali Province in El Nino conditions in 2015, La Nina in 2016, and normal in 2017. The purpose of this research is (1) to calculate the vegetation health index in El Nino, La Nina and normal, (2) to map the distribution of drought in El Nino, La Nina, and normal conditions, and (3) to know the effects of El Nino, La Nina, and normal conditions on food crop production in Bali Province. The results showed that the vegetation health index in Bali Province was observed based on the drought class. There were 5 drought classes in 2015, 2016 and 2017. The most widespread extreme and strong drought occurred in the 2015 El Nino phenomenon with an area of 152,900 ha, followed by normal conditions in 2017 with an area of 20,100 ha, and the smallest area was in 2016 with area of 10,100 ha. Temporally, the level of drought in Bali Province in El Nino, La Nina and Normal conditions occurs in September and peaks in October and November, and decreases in December. Spatially, drought occurs in the southern, western, northern and eastern parts of Bali, meanwhile, in the central part, there is generally no drought. The highest production of food crops in Bali Province is shown by data in 2016, followed by production in 2015, and the lowest in 2017. Statistically, through the paired t-test, the El Nino and La Nina phenomena do not have a significant effect on food crop production compared to normal conditions.

Keywords: Vegetation Health Index, drought, food crop production, remote sensing

1. Pendahuluan

Vegetasi adalah kumpulan dari tumbuh-tumbuhan yang hidup bersama-sama pada suatu tempat, biasanya terdiri dari beberapa jenis berbeda. Persebaran suatu vegetasi akan dipengaruhi oleh kondisi kesehatan dari vegetasi tersebut. (Gem, 1996)

Perubahan iklim yang tidak menentu atau yang disebut juga dengan anomaly iklim belakangan ini juga mengakibatkan produksi tanaman pangan mengalami kemerosotan. Berdasarkan kejadian yang terjadi di tahun-tahun lalu, telah terjadi beberapa fenomena perubahan iklim salah satunya El Nino yang paling parah terjadi pada tahun 2015 silam. Fenomena ini menyebabkan terjadinya kekeringan panjang di Indonesia yang menjadi akibat menurunnya produksi tanaman pertanian. Fenomena ini juga berdampak sampai ke Bali. Peristiwa lainnya yang juga berdampak pada pertanian yaitu La Nina. La Nina merupakan kebalikan dari fenomena El Nino. Diketahui bahwa di Indonesia, salah satu tahun terparah terjadinya La Nina yaitu pada tahun 2016. (Rikha dan Rizal, 2017). Pada iklim normal berkaitan dengan perubahan curah hujan, kelembaban, suhu, tekanan udara di suatu daerah dan keadaan awan dalam keadaan yang normal tanpa perubahan yang signifikan dalam waktu yang lama. Berdasarkan data SOI (*Southern Oscillation Index*) bulanan, tahun 2017 dapat dijadikan objek tahun terjadinya iklim normal di Indonesia (Australian Government Bureau of Meteorology (BOM), 2019).

Pemanfaatan metode penginderaan jauh dan sistem informasi geografis sangat menunjang kegiatan pertanian khususnya dalam hal ini mampu menilai indeks kesehatan vegetasi suatu pertanaman serta dapat mengetahui produktivitas tanaman dengan waktu efisien dengan melihat dari kelas kekeringannya.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian pemetaan indeks kesehatan vegetasi dengan menggunakan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis pada kondisi El Nino, La Nina dan normal di Provinsi Bali. Tujuan penelitian ini adalah (1) Menghitung indeks kesehatan vegetasi pada kondisi El Nino, La Nina dan normal di Provinsi Bali (2) Memetakan sebaran kekeringan pada kondisi El Nino, La Nina, dan normal di Provinsi Bali, dan (3) Mengetahui pengaruh El Nino, La Nina dan normal terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Bali.

2. Bahan dan Metode

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Daerah penelitian ini mencakup seluruh wilayah Provinsi Bali dengan luas area 5.594,7 km², dengan koordinat geografis 08⁰03'40''LS- 08⁰50'48''LS dan 114⁰25'53''BT- 115⁰42'40''BT. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Bali Tahun 2018, penggunaan lahan terbagi menjadi 2 yaitu lahan pertanian dan lahan bukan pertanian.

2.2 Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan penelitian ini dimulai dari Bulan Juni hingga Bulan Agustus 2020. Lokasi penelitian adalah di Provinsi Bali dan proses pengolahan data dilakukan di Pusat Pengembangan Informasi Infrastruktur Geospasial (PPIIG), Jalan PB. Sudirman, Denpasar.

2.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) laptop atau PC, hardisk, (2) citra Satelit TERRA-MODIS Vegetation Index (MOD13A3) tahun 2015 untuk kondisi El Nino, tahun 2016 untuk kondisi La Nina, tahun 2017 untuk kondisi iklim normal, (3) citra Satelit TERRA-MODIS Land Surface Temperature (MOD11A2) tahun 2015 untuk kondisi El Nino, tahun 2016 untuk kondisi La Nina, tahun 2017 untuk kondisi iklim normal. Sementara itu, data sekunder yang digunakan adalah (1) produksi tanaman pangan Provinsi Bali Tahun 2015 dari data BPS Provinsi Bali Tahun 2018, (2) peta lahan sawah Provinsi Bali, (3) peta RBI 1: 250.000, dan (4) data curah hujan rata-rata di Provinsi Bali 10 terakhir dari BMKG Provinsi Bali. Software analisis data dan citra yang diperlukan meliputi (1) Microsoft Excel 2013; (2) Arcgis 10.4; (3) Saga Gis, dan (4) Qgis 2.18.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Studi literature dilakukan untuk mendapatkan berbagai referensi dari berbagai sumber mengenai penelitian yang akan dilakukan. Sumber tersebut meliputi jurnal, skripsi, berita, koran, internet, majalah dan lain sebagainya.

2. Pengumpulan Data

Data penginderaan jauh yang diperlukan meliputi Citra Satelit TERRA-MODIS Vegetation Indice (MOD13A3) dan Citra Satelit Land Surface Temperature (MOD11A2) tahun 2015 untuk kondisi El Nino, tahun 2016 untuk kondisi La Nina, tahun 2017 untuk kondisi iklim normal. Data tersebut dapat didownload melalui laman <http://earthdata.nasa.gov>. Sementara itu data curah hujan di Provinsi Bali selama 10 tahun terakhir diperoleh dari laman Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Provinsi Bali, sedangkan hasil produksi tanaman pangan Provinsi Bali didapat dari web BPS Provinsi Bali, dan peta RBI 1: 250.000 diperoleh dari laman Badan Informasi Geospasial (BIG).

3. Identifikasi Kondisi El Nino, La Nina, dan Kondisi Normal

Identifikasi kondisi El Nino, La Nina, dan kondisi normal dapat diketahui dengan melihat salah satu faktor perubahan iklim nilai SOI (Southern Oscillation Index) bulanan. Informasi tersebut dapat dilihat dari laman *Bureau of Meteorologi, Australian Government* (<http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>).

4. Pengolahan Citra Satelit Terra- Modis

Kegiatan pengolahan citra dimulai dari pemotongan citra seluas daerah penelitian yaitu citra wilayah Provinsi Bali. Kemudian dilakukan penentuan tingkat kesehatan tanaman. Penentuan kelas kesehatan tanamam dilakukan dengan menggunakan citra penginderaan jauh yaitu dengan menghitung nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), LST (Land Surface Temperature), VCI (*Vegetation Condition Index*), TCI (*Temperatur Condition Index*) dan VHI

(*Vegetation Health Index*) yang diintegrasikan dengan SIG (Sistem Informasi Geografis).

a. NDVI

NDVI mencerminkan tingkat kehijauan tanaman. Semakin tinggi nilai NDVI, semakin tinggi kadar klorofil tanaman dan semakin sehat tanaman tersebut. Nilai NDVI juga mencerminkan kerapatan tanaman. Umumnya semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman, nilai NDVI juga semakin besar. Formula NDVI disajikan pada Persamaan 1.

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

b. Dimana NDVI adalah Normalized Difference Vegetation Index, NIR adalah saluran inframerah dekat dan RED adalah saluran merah (Franklin, 2011). LST (Land Surface Temperature) dan Vegetation Index

LST menunjukkan kondisi suhu udara di atas permukaan tanah. Semakin tinggi nilai LST berarti suhu permukaan lahan di daerah tersebut semakin besar. Suhu yang tinggi mencerminkan tingkat kekeringan semakin tinggi pula. Formula LST ditampilkan pada Persamaan 2 (Coll, dkk, 1994).

$$LST = Tb_{31} + A (Tb_{31} - Tb_{32}) + B \quad (2)$$

Dimana: Tb_{31} = Kecerahan temperature band 31

$A = 1,0 + 0,58 (Tb_{31} - Tb_{32})$ Tb_{32} = Kecerahan temperature band 32

$P = 50 K$, $\Delta \epsilon = \epsilon_{31} - \epsilon_{32} = 0,001$

$B = 0,51 + 40 (1 - E) - P \Delta \epsilon$, $B = 0,92$

Selanjutnya untuk mengonversi nilai LST (K) ke LST ($^{\circ}C$) maka hasilnya dikurangi dengan 273.

c. VCI (*Vegetation Condition Index*)

VCI (*Vegetation Condition Index*) merupakan nilai relatif tingkat kehijauan tanaman secara spasial dan temporal. Rumus VCI disajikan pada Persamaan 3.

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana VCI adalah *Vegetation Condition Index*, NDVI adalah nilai NDVI pada citra yang dianalisis, serta $NDVI_{min}$ dan $NDVI_{max}$ masing-masing adalah nilai NDVI minimum dan maksimum dalam kurun waktu 16 tahun.

d. TCI (*Temperature Condition Index*)

TCI merupakan nilai relatif tingkat suhu permukaan lahan secara spasial dan temporal (Nuarsa, et al. 2018). Persamaan TCI seperti pada Persamaan 4.

$$TCI = \frac{LST_{max} - LST}{LST_{max} + LST_{min}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana TCI adalah *Temperature Condition Index*, LST adalah nilai LST pada citra yang dianalisis, serta LST_{min} dan LST_{max} masing-masing adalah nilai LST minimum dan maksimum dalam kurun waktu 16 tahun.

e. VHI (*Vegetation Health Index*)

VHI merupakan gabungan secara proporsional nilai VCI dan TCI yang mencerminkan tingkat kesehatan tanaman dilihat dari tingkat kehijauan tanaman dan suhu permukaan

lahan (Nuarsa, dkk., 2018). Index kesehatan tanaman dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$\text{VHI} = (0,5 \times \text{VCI}) + (0,5 \times \text{TCL}) \quad (5)$$

Dimana VHI adalah *Vegetation Health Index*, VCI adalah *Vegetation Condition Index*, dan TCI adalah *Temperature Condition Index*.

Nilai VHI yang diperoleh selanjutnya diklasifikasikan untuk memperoleh kelas kekeringan. Klasifikasi kekeringan berdasarkan nilai VHI disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Kelas Kekeringan berdasarkan Nilai VHI

Nilai VHI	Kelas Kekeringan
<10	Kekeringan Ektrem
10-<20	Kekeringan Parah
20-<30	Kekeringan Sedang
30-<40	Kekeringan Ringan
>=40	Tidak kekeringan

Sumber: Kogan, 1995

Dari Tabel 1. di atas tingkat kekeringan dibagi menjadi 5 kelas. Semakin kecil nilai VHI, semakin besar tingkat kekeringan yang terjadi.

2.4 Analisis Data

Analisis spasial citra Modis dilakukan dengan menggunakan software Arcmap 10.4, Saga Gis dan QGIS 2.18. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh El Nino, La Nina, dan pada saat kondisi normal terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Bali dilakukan analisis statistik, yaitu uji t berpasangan pada tingkat α 5%. Pada uji t tersebut, produksi tanaman tahun 2015, 2016, dan 2017 dibandingkan. Apabila nilai t-hitung pada uji tersebut lebih besar dari t-tabel pada taraf α 5% berarti terdapat perbedaan produksi tanaman pangan yang signifikan antara 2 tahun yang diuji, dan sebaliknya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Indeks Kesehatan Vegetasi Pada Kondisi El Nino, La Nina dan Normal di Provinsi Bali

Indeks kesehatan vegetasi pada kondisi El Nino tahun 2015, 2016 dan 2017 di Provinsi Bali dilihat berdasarkan tingkat kekeringannya. Berdasarkan hasil analisis terdapat lima kelas kekeringan di Provinsi Bali yaitu kelas kekeringan ekstrem, kuat, sedang, ringan dan tidak terjadi kekeringan. Kelas kekeringan ekstrem dan kuat tertinggi terjadi pada tahun 2015 dengan luas 152.900 ha. Peringkat kedua yaitu tahun 2017 saat kondisi normal dengan luas kekeringan ekstrem dan kuat sebanyak 20.100 ha. Tahun 2016 saat kondisi La Nina, luas kekeringan paling kecil yaitu 10.100 ha. (Tabel 2).

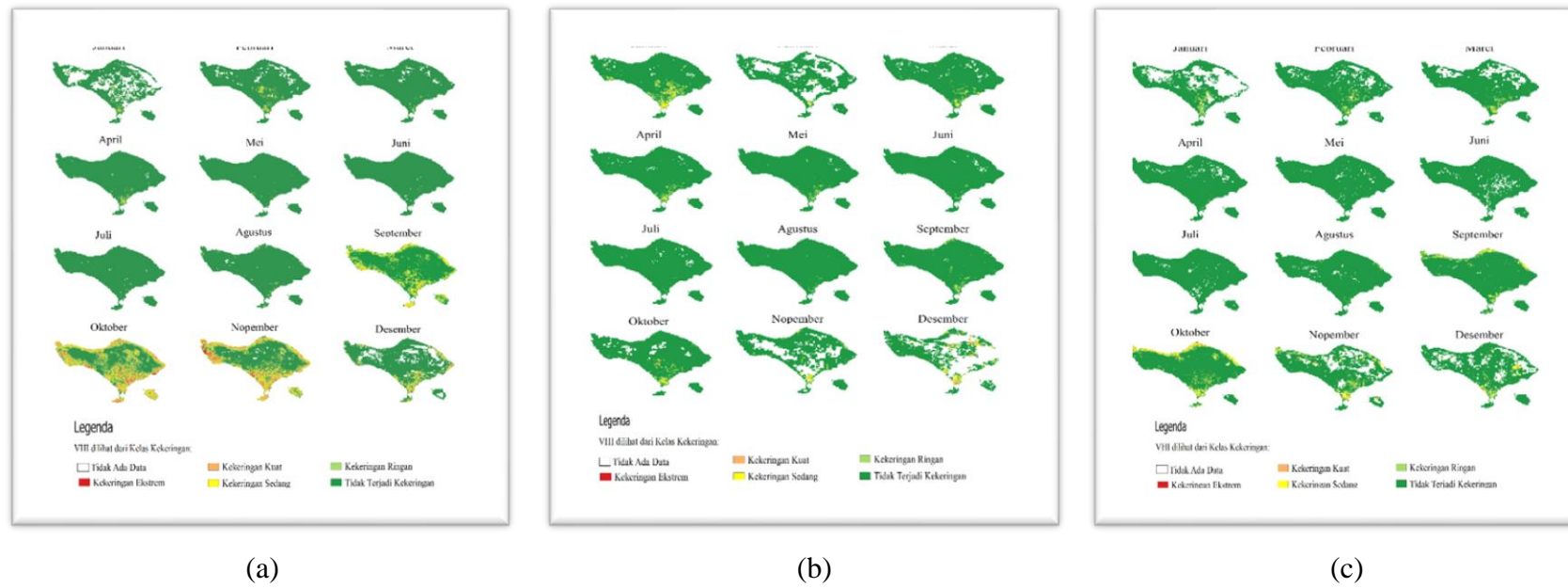
Tabel 2. Perbandingan luas tingkat kekeringan ekstrem dan kuat pada Tahun 2015 Kondisi El Nino, Tahun 2016 Kondisi La Nina dan Tahun 2017 Kondisi Normal

Tahun	Luas Kekeringan Ekstrem dan Kuat (ha)	Persentase
2015	152.900	27%
2016	20.100	2%
2017	10.100	4%

Keterangan: Data diolah dari Citra Terra Modis Tahun 2015, 2016 dan 2017

3.2 *Sebaran Kelas Kekeringan Tahun 2015, 2016, dan 2017 di Provinsi Bali*

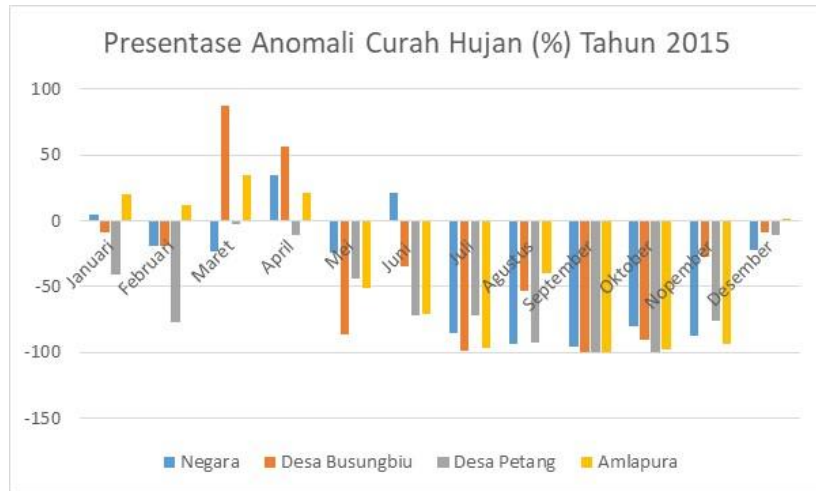
Secara visual distribusi spasial kekeringan yang terjadi dapat dilihat pada peta hasil analisis (Gambar 1). Di sepanjang tahun 2015 saat terjadi El Nino, kekeringan ekstrem dan kuat terjadi paling tinggi pada bulan Oktober dan Nopember yang meliputi hampir sebagian besar wilayah Provinsi Bali. Distribusi spasial tahun 2016 saat kondisi La Nina, kekeringan ekstrem dan kuat terjadi pada bulan Desember. Kekeringan ini terjadi di sebagian wilayah di Provinsi Bali yang meliputi wilayah kabupaten Karangasem dan sekitarnya, sebagian wilayah Denpasar dan Kabupaten Badung. Sementara itu, tahun 2017, distribusi spasial kekeringan ekstrem dan kuat paling tinggi terjadi pada bulan Oktober di Kabupaten Buleleng, sebagian wilayah Kabupaten Karangasem dan wilayah Kota Denpasar (Gambar 1).



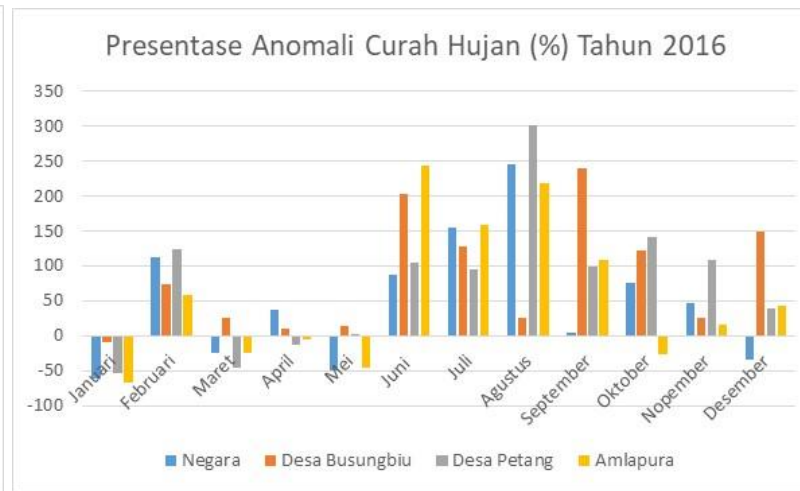
Gambar 1. Peta Distribusi Spasial Indeks Kesehatan Vegetasi pada Kondisi
 a. Elnino, 2015, b. La Nina, 2016, dan c. Normal, 2017

Pada saat terjadinya El Nino tahun 2015, curah hujan yang turun memang di bawah rata-rata. Data dari BMKG menunjukkan bahwa pada tahun 2015 curah hujan di bawah rata-rata sudah terjadi pada Bulan Mei sampai akhir tahun (Gambar 1a). Namun demikian, menurunnya curah hujan tidak serta merta disertai dengan terjadi kekeringan. Penurunan curah hujan di bawah rata-rata pada Bulan Mei diikuti dengan terjadinya kekeringan pada Bulan September (Gambar 1a). Ini berarti ada waktu penundaan (*time lag*) sekitar 4 bulan. Hal ini terjadi karena tanah masih mempunyai kapasitas untuk menyimpan air dalam kurun waktu tertentu. Di samping itu, ketersediaan air irigasi pada lahan sawah juga memegang peranan penting dalam menjaga kelengasan tanah.

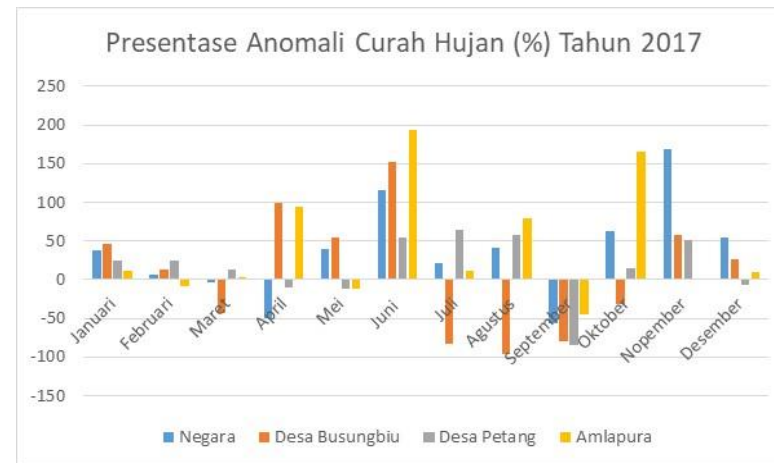
Berlainan halnya dengan saat terjadinya El Nino tahun 2015, saat kondisi La Nina dan keadaan normal, penurunan curah hujan tidak terjadi secara signifikan. Dengan demikian dampak kekeringan juga tidak terlalu besar.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Grafik Persentase Anomali Curah Hujan (%) a. Tahun 2015, b. Tahun 2016 c. Tahun 2017

3.3 Pengaruh Fenomena El Nino, La Nina dan Normal terhadap Produksi Tanaman di Provinsi Bali

Bila dilihat dari produksi tanaman pangan, data BPS Provinsi Bali menunjukkan ada perbedaan produksi tanaman pangan pada tiga kondisi yang diamati. Produksi tertinggi ditunjukkan saat kejadian La Nina tahun 2016, yaitu sebesar 1.057.591 ton, saat terjadi El Nino tahun 2015 dengan jumlah total produksi 1.031.878 ton, dan produksi terkecil terjadi saat kondisi normal tahun 2017 dengan jumlah total produksi 1.015.876 ton (Tabel 3). Tanaman jagung, uji kayu, dan ubi jalar merupakan komoditas yang berproduksi tinggi pada kondisi La Nina dimana curah hujan yang tinggi sangat mendukung peningkatan produktivitas lahan tadah hujan. Sementara itu, tanaman padi yang biasanya di tanaman pada sawah irigasi berproduksi tertinggi pada kondisi El Nino karena jumlah penyinaran menjadi maksimal. Hal ini sangat penting untuk proses fotosintesis.

Tabel 3. Perbandingan produksi tanaman pangan pada Tahun 2016 Kondisi El Nino dan 2017 Kondisi Normal

Komoditas	Produksi Tanaman Pangan (ton)		
	2015 (El Nino)	2016 (La Nina)	2017 (Normal)
Padi	853.710	845.560	836.097
Jagung	40.603	55.736	55.042
Kedelai	7.259	6.784	5.405
Kacang Tanah	7.065	6.599	5.754
Kacang Hijau	516	590	393
Ubi Kayu	86.070	99.370	77.960
Ubi Jalar	36.655	42.952	35.225
Total	1.031.878	1.057.591	1.015.876

Sumber: Data BPS Provinsi Bali

Secara statistik, hasil uji-t perpasangan pada data produksi tanaman pangan di Provinsi Bali tahun 2015 saat kondisi El Nino dan tahun 2017 saat kondisi normal menunjukkan bahwa nilai t-hitung (0,629) lebih kecil dari t-tabel (2,447). Hal ini juga terjadi pada hasil analisis uji t berpasangan pada data produksi tanaman pangan tahun 2016 saat kondisi La Nina dan tahun 2017, dimana nilai t-hitung (2,029) lebih kecil dari t-tabel (2,447). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kondisi El Nino dan La Nina tidak mempengaruhi produksi tanaman pangan secara signifikan pada taraf α 5% dibandingkan dengan kondisi normal.

4. Kesimpulan

Indeks Kesehatan Vegetasi diamati berdasarkan kelas kekeringan. Terdapat 5 kelas kekeringan di Provinsi Bali pada tahun 2015, 2016 dan 2017 yaitu kekeringan ekstrem, kekeringan kuat, kekeringan sedang, kekeringan ringan dan tidak terjadi kekeringan. Kekeringan ekstrem dan kuat paling luas terjadi pada fenomen El Nino

tahun 2015 dengan luas 152.900 ha, kemudian disusul pada kondisi normal tahun 2017 dengan luas 20.100 ha, dan luas tingkat kekeringan ekstrem dan kuat paling kecil terjadi pada tahun 2016 dengan luas 10.100 ha. Secara temporal, tingkat kekeringan di Provinsi Bali baik pada fenomena El Nino, La Nina dan Normal mulai terjadi pada bulan September dan mencapai puncak pada bulan Oktober dan Nopember, serta menurun pada bulan Desember. Secara spasial, kekeringan terjadi di Pulau Bali bagian selatan, bagian barat, bagian utara dan bagian timur. Sementara di Bali bagian tengah umumnya tidak terjadi kekeringan. Produksi tanaman pangan tertinggi di Provinsi Bali ditunjukkan oleh data tahun 2016 saat terjadi La Nina, kemudian diikuti oleh produksi tahun 2015 saat terjadi El Nino, dan yang terendah tahun 2017 saat kondisi normal. Namun demikian, secara statistik berdasarkan uji-t berpasangan, fenomena El Nino dan La Nina tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi tanaman pangan dibandingkan dengan kondisi normal.

Daftar Pustaka

- Australian Government Bureau of Meteorology (BOM). 2019. *Southern Oscillation Index (SOI)*. <http://www.bom.gov.au> (diakses 16 Desember 2019)
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), 2011. *Evaluasi cuaca dan sifat hujan Bulan Agustus 2011 serta prakiraan cuaca dan sifat hujan Bulan September 2011*. Bulletin Meteorologi. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Meteorologi Otorita Batam 1:39.
- Badan Pusat Statistik Bali, 2018. *Bali Dalam Angka 2018*. Bali: Badan Pusat Statistik Bali.
- Franklin, S. E. (2011). *Remote Sensing for Sustainable Forest Management*. Florida: CRC Press LLC.
- Gem, C. 1996. Kamus Saku Biologi. Erlangga. Jakarta
- Kogan, F.N. 1995. *Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection*. Adv. Space Res. 15(11):91-100.
- Nuarsa, I Wayan, dkk, 2018. *Utilization Of Satellite Imagery For Agricultural Drought Monitoring In Bali Province During El Nino Phenomena In 2015*. Bukit Jimbaran: The International Conference Of Environmental Marine Science And Engineering
- Rikha Bramawanto dan Rizal Fadlan Abida, 2017. *Tinjauan Aspek Klimatologi (Enso Dan Iod) Terhadap Produksi Garam Indonesia*. Jakarta Utara: Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumber Daya Manusia