

PENGARUH FENOMENA *EL NINO* DAN *LA NINA* PADA PERSEBARAN CURAH HUJAN DAN TINGKAT KEKERINGAN LAHAN DI PULAU BALI

Gabriel Yedaya Immanuel Ryadi^{*)}, Abdi Sukmono, Bandi Sasmito

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
 Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
 Email : gabrielyedaya97@gmail.com / yedgabriel@gmail.com

ABSTRAK

Variabilitas persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut secara spasiotemporal merupakan salah satu dampak dari *El Nino* dan *La Nina* selain kekeringan lahan. Dalam dunia pertanian diperlukan strategi untuk menghadapi dampak dari *El Nino* dan *La Nina*. Salah satu strategi yang dikembangkan adalah pembuatan pola tanam. Pada penelitian ini menganalisis pengaruh dari *El Nino* dan *La Nina* terhadap tingkat kekeringan lahan, persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut. Metode pengolahan yang digunakan adalah komposit data citra harian untuk data suhu permukaan laut dan curah hujan, sedangkan untuk pengamatan kekeringan lahan menggunakan metode NDDI (*Normalized Difference Drought Index*) dan VHI. Analisis pengaruh fenomena *El Nino* dan *La Nina* menggunakan analisis statistik regresi linier. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pengaruh *El Nino* dan *La Nina* terhadap persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut memiliki hubungan searah yaitu jika suhu permukaan laut tinggi maka curah hujan juga tinggi. Selain itu, pada penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh dari perubahan indeks ONI sebagai indikator *El Nino* dan *La Nina* terhadap perubahan luas kekeringan lahan dengan pengaruh sebesar 86%.

Kata Kunci: ENSO, Kekeringan lahan, Pengindraan jauh

ABSTRACT

Variability in spatial distribution of rainfall and sea surface temperature is one of the effects of El Nino and La Nina besides land drought. In agriculture world, a great strategy is needed to deal with the impact of the El Nino and La Nina. One strategy developed was the making of cropping patterns. In this research analyze the influence of El Nino and La Nina on land drought, the distribution of rainfall and sea surface temperature. The processing method used is composite daily image data for sea surface temperature and rainfall data, then for drought observation using NDDI (Normalized Difference Drought Index) and VHI (Vegetation Health Index) methods. For influence analyze of El Nino and La Nina phenomenon using linier regression analyze. The results of this study indicate the effect of El Nino and La Nina on the distribution of rainfall and sea surface temperature has a direct relationship if the sea surface temperature is high then rainfall is also high. In addition, in this study concluded that there is an effect from changes of the ONI index as an El Nino and La Nina indicator for changes in the area of dry land with a value of influence is 86%.

Keywords: ENSO, Land Drought, Remote sensing,

**) Penulis Penanggung Jawab*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

ENSO (*El Nino Southern Oscillation*) adalah fenomena alam yang muncul di Samudra Pasifik yang memiliki dampak terhadap cuaca disekitarnya. Fenomena ini dikenal dengan sebutan *El Nino* dan *La Nina*. *El Nino* dan *La Nina* merupakan kondisi yang muncul akibat adanya interaksi antara atmosfer dengan samudera di bawah pengaruh kontrol matahari. Interaksi antara atmosfer dan lautan ini ditunjukkan dengan peningkatan atau penurunan suhu permukaan laut yang melebihi suhu klimatologisnya sehingga menimbulkan anomali (penyimpangan).

Beberapa penelitian mengenai pengaruh *El Nino* dan *La Nina* terhadap intensitas curah hujan telah dilakukan. Bahkan penurunan curah hujan terjadi pada saat *El Nino* di seluruh Wilayah Indonesia baik daratan maupun perairan (Satyawardhana, 2010). Curah hujan sendiri merupakan parameter yang tingkat variabilitasnya tinggi baik terhadap lokasi maupun waktu yang mencakup variasi harian, bulanan, musiman, dan tahunan. Tingkat variabilitas curah hujan yang tinggi terhadap ruang dan waktu membutuhkan data observasi yang panjang serta dengan sebaran spasial yang memadai (Vergara dkk. 2014).

Selain curah hujan, dampak dari fenomena *El Nino* dan *La Nina* adalah kekeringan lahan. Kekeringan lahan merupakan permasalahan sangat berkaitan dengan perubahan iklim, hujan, tanah serta vegetasi penutup lainnya sehingga adanya ketidakseimbangan distribusi jumlah pasokan air hujan pada permukaan tanah, terevapotranspirasi dan air yang dimanfaatkan oleh vegetasi dalam proses pertumbuhannya. Kekeringan lahan merupakan permasalahan yang sering dihadapi oleh petani.

Dengan latar belakang tersebut, penulis ingin melakukan penelitian untuk menganalisa besar pengaruh dari fenomena *El Nino* dan *La Nina* terhadap curah hujan dan tingkat kekeringan lahan di Pulau Bali.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana persebaran curah hujan di Pulau Bali yang diperoleh dari data GSMaP dan suhu permukaan laut yang diperoleh dari data citra NOAA-AVHRR dengan periode 19 tahun?
2. Bagaimana tingkat kekeringan lahan yang diperoleh dari pengolahan citra satelit?
3. Bagaimana pengaruh fenomena *El Nino* dan *La Nina* terhadap kekeringan di Pulau Bali?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui persebaran curah hujan di Pulau Bali yang diperoleh dari data GSMaP dan suhu permukaan laut yang diperoleh dari data citra NOAA-AVHRR dengan periode 19 tahun.

2. Memahami tingkat kekeringan lahan dari pengolahan citra satelit.
3. Mengetahui pengaruh pengaruh fenomena *El Nino* dan *La Nina* terhadap tingkat kekeringan.

I.4 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup penelitian yang dibahas tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini dibatasi pada hal – hal berikut :

1. Parameter yang digunakan pada penelitian ini dalam penentuan fenomena *El Nino* dan *La Nina* adalah curah hujan dan suhu permukaan laut
2. Analisis perubahan SST (*Sea Surface Temperature*) terbatas hanya pada Laut Bali (Utara Pulau Bali).
3. Algoritma yang digunakan sebagai indikator fenomena *El Nino* dan *La Nina* adalah ONI (*Oceanic Nino Index*).
4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Deskriptif dan Korelasional yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena *El Nino* dan *La Nina* di Pulau Bali yang terjadi pada tahun 1998 hingga 2017 dan menyatakan adanya pengaruh dari fenomena *El Nino* dan *La Nina* dengan tingkat kekeringan.
5. Luaran yang dihasilkan berupa Peta Curah Hujan, Peta Suhu Permukaan Laut, Peta Tingkat Kekeringan menggunakan algoritma NDDI, Peta tingkat Kekeringan algoritma VHI

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Wilayah penelitian ini adalah wilayah Indonesia, pada Provinsi Bali yang terletak pada posisi 8°3'40" - 8°50'48" Lintang Selatan dan 114°25'53" - 115°42'40" Bujur Timur.
2. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a. *Hardware*
 - i. HP 14 Bezel dengan spesifikasi Sistem Operasi *Windows 10 home single language 64-bit, Processor Intel core i5-8250 CPU @1.6 GHZ, RAM 4.096 MB* untuk pengolahan dan pembuatan laporan
 - b. *Software*
 - i. Microsoft Office (Ms. Word, Ms. Excel 2016) untuk pengolahan data dan penyusunan Tugas Akhir.
 - ii. WinSCP untuk Pengunduhan data AVHRR dan GSMaP
 - iii. ENVI Classic untuk pengolahan citra satelit
 - iv. ENVI IDL untuk pengolahan citra satelit dalam skala banyak dengan menggunakan bahasa pemrograman
 - v. ArcGIS versi 10.5 untuk pembuatan peta yang akan dihasilkan
3. Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

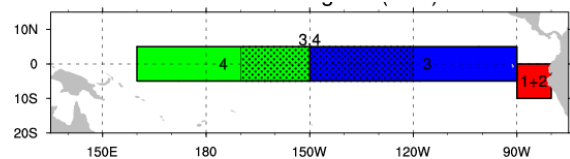
- a. Data curah hujan dari satelit GSMaP dengan periode 17 tahun (2000-2017), data curah hujan dapat diunduh melalui *website* <http://hokusai.eorc.jaxa.jp/>.
- b. Data SPL yang diperoleh dari perekaman sensor AVHRR dengan periode 19 tahun (1998-2017), data SPL dapat diunduh dengan bantuan perangkat lunak WINSXP. Dengan berkas *protocol* FTP dan *Host* eclipse.ncdc.noaa.gov
- c. Citra Landsat 8 OLI/TIRS C1 level-1 pada tahun tahun yang mengindikasikan terjadi fenomena *El Nino* dan *La Nina*, Citra Landsat 8 dapat diunduh melalui *website* <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- d. Peta RBI skala 1:25000 untuk melakukan uji geometrik citra. Peta RBI dapat diunduh melalui *website* <http://tanahair.indonesia.go.id>
- e. Peta Batas administrasi dalam bentuk *shapefile* untuk dilakukan *cropping* batas wilayah penelitian. Batas administrasi dapat diunduh melalui *website* <http://tanahair.indonesia.go.id>
- f. Data sekunder berupa data klimatologi harian yang diperoleh dari BMKG, data luas daerah terdampak kekeringan diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah.

(Day, B. 2018)

II.2 ONI Indeks

Ada beberapa indikator yang digunakan untuk memonitor Samudra pasifik dengan iklim tropis, semua berdasarkan pada rerata anomali SPL sepanjang daerah yang diberikan. Biasanya anomali anomali tersebut dikomputasikan dengan periode dasar 30 tahun. Nino Indeks 3.4 dan ONI Indeks adalah indikator yang paling sering digunakan untuk mendefinisikan fenomena *El Nino* dan *La Nina*.

Angka pada indikator Nino 1,2,3 dan 4 di bedakan berdasarkan daerah yang dilalui oleh perangkat. Nino 1 2 berlokasi pada sebelah timur Samudra Pasifik dekat pantai Amerika Selatan. Nino 3 berlokasi pada sebelah timur Samudra Pasifik dengan fokus utama memonitor dan memprediksi terjadinya fenomena *El Nino* dan *La Nina*. Nino 3.4 terletak di antara Nino 3 dan Nino 4. Nilai anomali dari Nino 3.4 adalah nilai yang paling merepresentasikan fenomena *El Nino* dan *La Nina* secara global. Nino 4 berlokasi pada tepat di tengah Samudra Pasifik tropis. Oni Indeks menggunakan nilai rerata anomali SPL selama tiga bulan secara berurutan. Distribusi lokasi indikator Nino tertera pada Gambar 2.



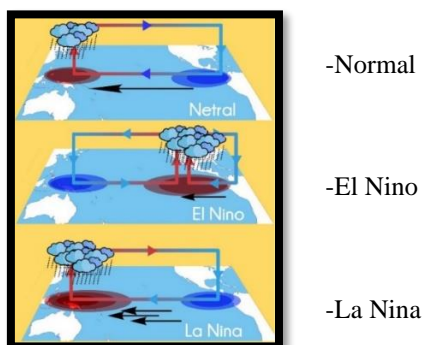
Gambar 2. Wilayah indikator NINO (Trenberth, K. 2018)

II. Tinjauan Pustaka

II.1 ENSO

El Niño and Southern Oscillation atau ENSO adalah variasi angin dan suhu permukaan laut di wilayah tropis belahan timur Samudra pasifik yang ireguler dan berkala. ENSO berpengaruh terhadap cuaca di sebagian besar wilayah tropis dan sub tropis. Periode panas dari ENSO dikenal dengan sebutan *El Nino*, sementara periode dinginnya dikenal dengan sebutan *La Nina*.(Kusmiardi 2018).

Secara umum para ahli membagi ENSO menjadi ENSO hangat (El-Nino) dan ENSO dingin (La-Nina). Kondisi tanpa kejadian ENSO biasanya disebut sebagai kondisi normal. Referensi penggunaan kata hangat dan dingin adalah berdasarkan pada nilai anomali suhu permukaan laut (SPL) di daerah NINO di Samudera Pasifik dekat ekuator bagian tengah dan timur(Prarikeslan 2016). Fenomena ENSO diilustrasikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi Normal, *El Nino* dan *La Nina*

II.3 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik bertujuan untuk memposisikan citra satelit dengan peta dunia, sehingga akan mendapatkan citra satelit yang mempunyai koordinat lintang/bujur ataupun UTM yang sesuai dengan peta topografi. Setelah dilakukan koreksi geometrik skala peta menjadi benar. Tingkat ketelitian citra hasil koreksi dapat dilihat dari besarnya nilai RMS error setiap titik control yang dibuat. Dalam penelitian ini, nilai RMS error yang dipakai adalah < 1 piksel (Supriatna, 2002).

II.4 NDDI

NDDI adalah indeks berbasis satelit yang digunakan untuk mengidentifikasi kekeringan disuatu daerah. Nilai indeks dari NDDI merupakan hasil kombinasi dari algoritma NDWI dan NDVI. NDWI adalah indeks yang digunakan untuk mengukur eksistensi kadar air suatu daerah. NDVI adalah indeks yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kehijauan tanaman (Du dkk. 2018). Untuk mencari nilai indeks NDDI menggunakan persamaan 1.

$$NDDI = \frac{(NDVI - NDWI)}{(NDVI + NDWI)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

NDDI = Normalized Difference Drought Index

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

NDWI = Normalized Difference Water Index

VMS | Compaq | Alpha | VMS

II.5 VHI

VHI merupakan kombinasi informasi kondisi vegetasi yang diperoleh dari algoritma VCI dan TCI. VHI telah dikembangkan untuk deteksi dan monitoring kekeringan diberbagai daerah. Indeks VCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang (*multi-year*) NDVI. Sedangkan indeks TCI berhubungan dengan nilai minimum dan maksimum jangka panjang (*multi-year*) LST.

$$VHI = \alpha \times VCI + (1 - \alpha) \times TCI \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

VHI: Vegetation Health Index

VCI: Vegetation Condition Index

TCI: Temperature Condition Index

II.6 Kekeringan

Kekeringan adalah periode masa kering yang lebih lama dari kondisi normal yang menyebabkan ketersediaan air tidak dapat memenuhi kebutuhan air (Nagarajan, 2009). Kekeringan dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik dan dampak yang ditimbulkan. Terdapat empat kategori kekeringan, yaitu kekeringan meteorologis, kekeringan pertanian, kekeringan hidrologi, dan kekeringan sosial-ekonomi.

Kekeringan meteorologis berkaitan dengan tingkat curah hujan di bawah normal dalam satu musim dimana kekeringan meteorologis merupakan indikasi pertama adanya kekeringan (Bappenas, 2003).

Kekeringan pertanian berhubungan dengan kekurangan kandungan air tanah di dalam tanah sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan tanaman tertentu pada periode waktu tertentu yang mempengaruhi penurunan produksi pertanian (SAARC,2010).

II.7 IDL

Interactive Data Language (IDL) adalah bahasa pemrograman terpercaya secara ilmiah dan telah digunakan berbagai disiplin ilmu pengetahuan untuk mengekstrak visualisasi dari data numeris. Dengan IDL, pengguna dapat menginterpretasi datam mengekspidisi data dan membuat aplikasi yang sangat berguna. Keunggulan dari IDL adalah IDL dapat digunakan pada berbagai sistem operasi Microsoft Windows®, Mac OS X, Linux, dan Solaris (Pathmadewa, 2016). Beberapa *platform* yang mendukung IDL tertera pada Tabel 1

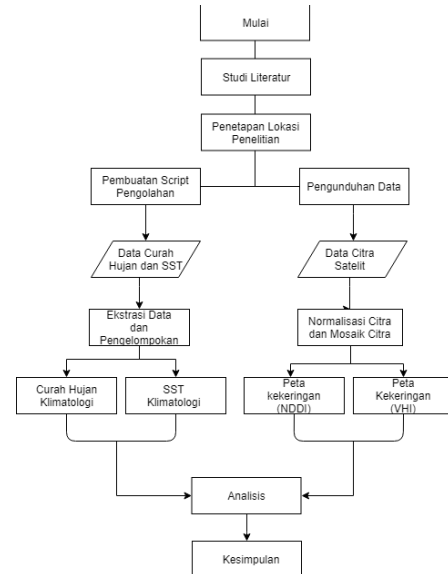
Tabel 1 Platform IDL

Platform	Vendor	Hardware	OS
Windows	Microsoft	Intel x86	Windows
Macintosh	Apple	PowerMac	MacOS
		G3.G4,Imac	
Linux	Intel	Intel x86	Linux
	SUN	Sparc	Solaris
	SUN	Intel x86	Solaris
	HP	Pa-RISC	HP-UX
	Compaq	Alpha	Tru64 UNIX
	Compaq	Alpha	Linux

III. Metodologi Penelitian

III.1 Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan penelitian dijabarkan dalam Gambar 3:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

III.2 Alur Penelitian

Pada penelitian ini dengan langkah dibagi menjadi tiga proses, yang terdiri dari:

1. Tahap persiapan
 - a. Melakukan studi literatur
 - b. Penetapan lokasi penelitian
 - c. Pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini dan pembuatan *Script* pengolahan.
 - d. Pengadaan perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam penelitian.
2. Tahap pengolahan data

Tahap pengolahan data pada penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu

- a. Pengolahan data curah hujan dan data suhu permukaan laut.

Data curah hujan dari satelit GSMaP dan data suhu permukaan laut dari satelit NOAA-AVHRR diolah menggunakan perangkat lunak ENVI IDL. Pengolahan kedua data tersebut antara lain pengekstrakan data dan mengkompilasi data harian menjadi data bulanan

- b. Pengolahan Landsat 8
- Pengolahan landsat 8 level-1 menggunakan perangkat lunak ENVI classic. Pengolahan Landsat 8 antara lain normalisasi citra, *cloud masking*, mosaic citra dan penerapan algoritma NDDI dan algoritma VHI

- c. Pengolahan data klimatologi
- Pengolahan data klimatologi menggunakan perangkat lunak Ms.Excel. Pengolahan data klimatologi antara lain penggabungan data klimatologi harian.

3. Tahap analisis

Tahap analisis hasil pada penelitian ini antara lain:

a. Analisis pengaruh fenomena ENSO terhadap suhu permukaan laut dan curah hujan

Analisis ini menggunakan data curah hujan hasil komposit dan data SST yang telah dikomposit selama 19 tahun. Untuk mengetahui pengaruh ENSO terhadap curah hujan di lakukan analisis spasial berdasarkan perubahan warna yang diperoleh.

b. Analisis pengaruh fenomena ENSO terhadap kekeringan lahan

Analisis ini menggunakan peta pola spasial kekeringan hasil pengolahan Landsat 8 level 1 dengan algoritma NDDI dan VHI. Dilakukan analisis spasial menggunakan berubahnya nilai indikator ONI, sehingga dapat diketahui dampak dari ENSO terhadap kekeringan yang terjadi.

c. Analisis validasi data

Analisis ini berupa validasi hasil menggunakan data sekunder yaitu data yang telah diperoleh dari instansi resmi di Indonesia. Data sekunder yang akan digunakan untuk validasi adalah Data laporan cuaca harian BMKG Bali, Data luasan Kekeringan Lahan dari Kementerian Pertanian Bali. Untuk data SST NOAA dan curah hujan GSMaP akan divalidasi dengan data laporan cuaca harian. Untuk kekeringan lahan akan divalidasi dengan data luas kekeringan lahan dari Kementerian Pertanian

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Klasifikasi Suhu Permukaan Laut dan Anomalinnya

IV.1.1 Suhu Permukaan Laut Ketika *El Nino*

Setelah dilakukan pemrosesan data diperoleh suhu permukaan laut ketika normal dan indeks anomali suhu ketika *El Nino*. Perhitungan anomali *El Nino* adalah dengan cara mengurangi nilai suhu dengan indeks anomali. Hasil dari pengolahan suhu permukaan laut ketika *El Nino* dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa ketika *El Nino*, suhu permukaan semakin mendingin atau mengalami penurunan

Contoh visualisasi anomali suhu ketika *El Nino* seperti pada Gambar 4. Pada Gambar 4 menunjukkan adanya penurunan suhu permukaan laut ketika *El Nino*. Pada kondisi normal, suhu permukaan laut bernilai sekitar 29°C, sedangkan ketika *El Nino* suhu permukaan laut bernilai sekita 28°C hingga 29°C.

IV.1.2 Suhu Permukaan Laut Ketika *La Nina*

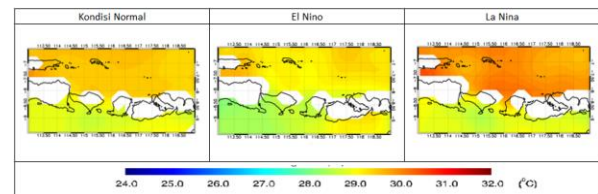
La Nina merupakan anomali pada suhu permukaan laut seperti *El Nino*. Perhitungan anomali pada *La Nina* tidak berbeda dengan perhitungan *El Nino*. Perhitungan anomali *La Nina* adalah dengan mengurangi nilai suhu dengan indeks anomali. Hasil dari pengolahan suhu permukaan laut ketika *La Nina* dapat dilihat pada tabel 2. Berdasarkan tabel 2 dapat

disimpulkan bahwa ketika terjadi *La Nina* suhu permukaan laut mengalami peningkatan.

Contoh visualisasi anomali suhu permukaan laut ketika *La Nina* seperti pada gambar 4. Pada gambar 4 menunjukkan adanya peningkatan suhu permukaan laut ketika *La Nina*. Pada kondisi normal, suhu permukaan laut bernilai sekitar 29°C, sedangkan ketika *La Nina* suhu permukaan laut bernilai sekita 29°C hingga 30°C.

Tabel 2 Perbandingan suhu ketika *El Nino-La Nina*

Bulan	SST (normal)	SST (El Nino)	SST (La Nina)
1	29°C	28,4°C – 28,6°C	29,2°C – 29,4°C
2	28°C- 29°C	27,2°C – 28,4°C	28,2°C – 29,4°C
3	28°C-29°C	27,0°C – 28,4°C	28,2°C – 29,4°C
4	29°C-30°C	28,6°C – 29,8°C	29,2°C – 30,4°C
5	29°C-30°C	28,6°C – 29,8°C	29,4°C – 30,2°C
6	28°C-29°C	27,6°C – 29,0°C	28,2°C – 29,0°C
7	27°C-28°C	26,4°C – 27,8°C	28,0°C – 28,8°C
8	26°C-27°C	25,4°C – 26,8°C	26,2°C – 27,2°C
9	27°C-29°C	26,4°C – 28,6°C	27,2°C – 29,4°C
10	28°C-29°C	27,2°C – 28,6°C	28,2°C – 29,4°C
11	29°C-30°C	28,8°C – 30,2°C	29,2°C – 30,2°C
12	29°C-30°C	28,6°C – 29,8°C	29,2°C – 30,2°C



Gambar 4 Suhu Permukaan laut dan anomalinnya

IV.2 Klasifikasi Curah Hujan dan Anomalinnya

IV.2.1 Curah Hujan ketika *El Nino*

Setelah dilakukan pemrosesan data curah hujan diperoleh perubahan curah hujan ketika *El Nino*. Perubahan curah hujan ketika *El Nino* dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa ketika *El Nino* curah hujan mengalami penurunan.

Contoh visualisasi perubahan curah hujan ketika *El Nino* seperti pada Gambar 5. Pada Gambar 5 menunjukkan Ketika *El Nino* nilai intensitas curah hujan memiliki rentang nilai 0 hingga 20 mm setiap harinya. Sedangkan pada kondisi normalnya memiliki rentang nilai 20 hingga 30 mm setiap harinya.

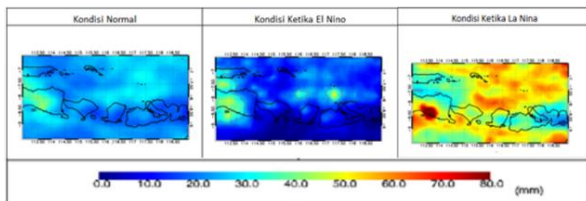
IV.2.2 Curah Hujan Ketika *La Nina*

La Nina merupakan fenomena dengan karakteristik memperpanjang musim penghujan di Indonesia atau bahkan mempercepat awal periode musim penghujan. Dengan mempercepat atau mempercepat awal periode musim penghujan, fenomena ini memiliki dampak terhadap persebaran curah hujan. Perubahan curah hujan ketika *La Nina* dapat dilihat pada tabel 3. Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa ketika *La Nina* curah hujan mengalami peningkatan.

Contoh visualisasi perubahan curah hujan ketika *La Nina* seperti pada gambar 5. Pada gambar 5 menunjukkan Ketika terjadi *La Nina* nilai curah hujan pada rentang nilai 50 hingga 60 mm setiap harinya. Sedangkan pada kondisi normalnya nilai intensitas curah hujan pada rentang nilai 20 hingga 30 mm setiap harinya.

Tabel 3 Perbandingan CH ketika *El Nino-La Nina*

Bulan	CH (Normal)	CH (El Nino)	CH (La Nina)
1	30 - 50 mm/hr	10 - 30 mm/hr	30 - 50 mm/hr
2	30 - 50 mm/hr	20 -30 mm/hr	50 - 70 mm/hr
3	20 - 30 mm/hr	0 - 20 mm/hr	50 - 60 mm/hr
4	10 - 20 mm/hr	0 - 20 mm/hr	20 - 30 mm/hr
5	0 - 20 mm/hr	0 - 10 mm/hr	20 - 30 mm/hr
6	0 - 10 mm/hr	0 mm/hr	0-20 mm/hr
7	0 - 10 mm/hr	0 mm/hr	0-20 mm/hr
8	0 mm/hr	0 mm/hr	0-10 mm/hr
9	0 - 10 mm/hr	0 mm/hr	0-20 mm/hr
10	0 - 20 mm/hr	0 - 10 mm/hr	10 - 20 mm/hr
11	20 - 30 mm/hr	10 - 50 mm/hr	20 - 30 mm/hr
12	30 - 50 mm/hr	20 - 50 mm/hr	30 - 70 mm/hr



Gambar 5 Curah hujan dan anomalnya

IV.3 Pengujian Hasil Pengolahan SST dan Curah Hujan

IV.3.1 Data SST dengan Data Suhu BMKG

Data SST yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan program Envi IDL divalidasi dengan data suhu dari BMKG. Pada pengujian ini membandingkan data suhu olahan dengan data suhu lapangan yang telah dirata-rata sebelumnya. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4. Pada Tabel 4 menunjukkan nilai RMSE 1.004°C Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pengolahan data SST menggunakan bantuan ENVI IDL, menghasilkan nilai suhu dengan fluktuasi yang serupa dengan nilai suhu dari lapangan, dimana nilai suhu pada bulan April hingga Agustus mengalami penurunan dan pada bulan September hingga Maret mengalami peningkatan.

Tabel 4 Perbandingan SST Olahan dengan Suhu Gabungan

Bulan	Suhu Olahan	Suhu Gabungan	e
Januari	28,912	27,910091	1,0019
Februari	28,858	28,105365	0,7525
Maret	29,047	28,084326	0,9630
April	29,344	27,994167	1,3499
Mei	28,993	27,623542	1,3696
Juni	28,210	26,780385	1,4297
Juli	27,335	26,066377	1,2685
Agustus	26,839	26,045988	0,7925

September	27,261	26,635342	0,6258
Oktober	28,151	27,777709	0,3728
November	29,210	28,370513	0,8396
Desember	29,323	28,144089	1,1790
		RMSE	1,0442

IV.3.2 Data CH GSMaP dengan Data CH BMKG

Data curah hujan GSMaP yang diperoleh dari pengolahan menggunakan program Envi IDL dilakukan validasi dengan data curah hujan dari beberapa kantor BMKG Bali. Pada pengujian ini membandingkan data curah hujan GSMaP dengan data curah hujan lapangan yang telah dirata-rata sebelumnya. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 5. Pada tabel 5 menunjukkan nilai RMSE gabungan adalah 1.019mm/hari. Dari hasil pengujian hasil pengolahan data curah hujan dengan data curah hujan lapangan dapat disimpulkan bahwa pengolahan data curah hujan menggunakan bantuan ENVI IDL, menghasilkan nilai curah hujan dengan fluktuasi yang serupa dengan nilai curah hujan dari lapangan, dimana curah hujan pada bulan April hingga Agustus mengalami penurunan dan pada bulan September hingga Maret mengalami peningkatan.

Tabel 5 Perbandingan CH dengan CH Gabungan

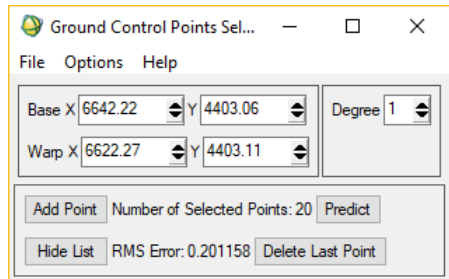
Bulan	CH GSMaP	CH Gabungan	e
Januari	12,215	13,126211	-0,911
Februari	12,128	13,052859	-0,924
Maret	13,152	14,450764	-1,299
April	11,444	12,841818	-1,398
Mei	6,102	7,224306	-1,122
Juni	3,017	4,069692	-1,052
Juli	1,664	2,078125	-0,414
Agustus	1,292	1,904219	-0,612
September	4,195	4,946376	-0,752
Oktober	4,928	5,634583	-0,707
November	6,839	8,441601	-1,602
Desember	12,445	13,217762	-0,773
		RMSE	1,0192

Pada tabel 4 dan tabel 5 menjelaskan bahwa semakin hangat suhu permukaan laut maka semakin tinggi intensitas curah hujan dan semakin dingin suhu permukaan laut maka semakin rendah intensitas curah hujan (Nabilah, Prasetyo, and Sukmono 2017)

IV.4 Hasil dan Analisis Koreksi Geometrik Citra

Pra pengolahan merupakan tahap pengolahan data geospasial sebelum dilakukan interpretasi citra satelit. Salah satu pra pengolahan citra yaitu koreksi geometrik. Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki posisi obyek pada citra terhadap posisi sebenarnya di lapangan. Tingkat ketelitian citra hasil koreksi dapat dilihat dari besarnya nilai RMS error setiap titik control yang dibuat. Dalam penelitian ini, nilai RMS error yang dipakai adalah kurang dari 1 piksel.

Pada penelitian ini menggunakan titik kontrol berjumlah 20 titik yang tersebar merata di seluruh Pulau Bali. Hasil dari koreksi geometrik pada gambar 6. Dengan nilai total RMSE sebesar 0.201158. Berdasarkan nilai RMSE, 0,201158 kurang dari 1 piksel sehingga hasil koreksi geometrik memenuhi syarat.



Gambar 6 Nilai RMSE Koreksi Geometrik

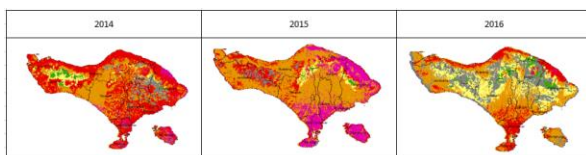
IV.5 Hasil dan Analisis Klasifikasi Tingkat Kekeringan Lahan

Pola spasial kekeringan diperoleh dari pengolahan citra landsat-8 dengan memanfaatkan algoritma VHI dan algoritma NDDI. Pada analisis ini menggunakan hasil pengolahan citra landsat-8 level 1 ketika Normal pada tahun 2014, ketika *El Nino* pada tahun 2015 dan ketika *La Nina* pada tahun 2016. Bulan yang digunakan adalah bulan Agustus dan bulan Oktober untuk setiap tahun.

IV.5.1 VHI

Hasil klasifikasi tingkat kekeringan dengan algoritma VHI pada tahun 2014 (normal), 2015(*El Nino*) dan 2016 (*La Nina*) seperti pada gambar 7. Pada gambar 7 menunjukkan adanya perubahan luas kekeringan.

Pada tahun 2014 memiliki total luas kekeringan sangat berat sebesar 1946 hektar, kemudian ketika *El Nino* pada tahun 2015, luas total kekeringan sangat berat sebesar 3290 hektar, ketika *La Nina* pada tahun 2016, luas total kekeringan sangat berat sebesar 78 hektar.



Keterangan :

Kekeringan Sangat Berat	Kekeringan Ringan
Kekeringan Berat	Kekeringan Normal
Kekeringan Sedang	Awan

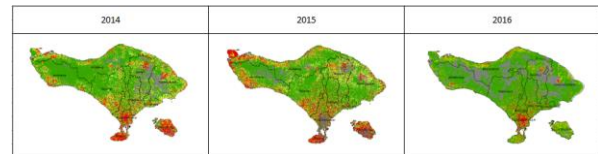
Gambar 7 Klasifikasi Kekeringan VHI

IV.5.2 NDDI

Hasil klasifikasi tingkat kekeringan dengan algoritma NDDI pada tahun 2014 (normal), 2015(*El Nino*) dan 2016 (*La Nina*) seperti pada gambar 8. Pada gambar 7 menunjukkan perubahan yang tidak signifikan.

Pada tahun 2014 memiliki total luas kekeringan sangat berat sebesar 1753 hektar, kemudian ketika *El Nino* pada tahun 2015, luas total kekeringan sangat berat sebesar 1780 hektar, ketika *La Nina* pada tahun 2016, luas total kekeringan sangat berat sebesar 46 hektar

Dapat disimpulkan bahwa ketika Indeks ONI meningkat maka luas kekeringan ikut meningkat. Begitupula sebaliknya



Keterangan :

Kekeringan Sangat Berat	Kekeringan Ringan
Kekeringan Berat	Kekeringan Normal
Kekeringan Sedang	Awan

Gambar 8 Klasifikasi Kekeringan NDDI

IV.6 Pengujian Tingkat Kekeringan

Pada pengujian kali ini menggunakan kelas kekeringan sangat berat untuk dibandingkan dengan data kekeringan lahan dari Kementerian Pertanian. Pengujian data hasil klasifikasi tingkat kekeringan lahan dilakukan untuk melihat perbedaan luasan kekeringan dari hasil olahan citra landsat-8 dengan data kekeringan dari Kementerian Pertanian. Hasil perbandingan VHI dengan data kekeringan dari Kementan seperti pada tabel 6. Hasil perbandingan NDDI dengan data kekeringan dari Kementan seperti pada tabel 7. Berdasarkan hasil pengujian, metode NDDI memiliki nilai selisih yang lebih kecil dari data kekeringan dari Kementerian Pertanian, dengan nilai rata rata selisih sebesar -72 hektar.

Tabel 6 Luas Kekeringan “Sangat Berat” VHI

Tahun	Luas kekeringan hasil analisis (Ha)	Luas kekeringan kementan (Ha)	Selisih (Ha)
2014	1.946	1787,79	158
2015	3290	1969,4	1.321
2016	78	38	40
		Rata-rata	506

Tabel 7 Luas Kekeringan”Sangat Berat” NDDI

Tahun	Luas kekeringan hasil analisis (Ha)	Luas kekeringan kementan (Ha)	Selisih (ha)
2014	1.753	1787,79	-35
2015	1780	1969,4	-189
2016	46	38	8
		Rata-rata	-72

Perbandingan kejadian kekeringan juga dilakukan untuk melihat tingkat kesesuaian algoritma dengan data observasi lapangan. Perbandingan kejadian kekeringan seperti pada tabel 8. Pada tabel 8 menunjukkan metode NDDI lebih sesuai daripada metode VHI.

Tabel 8 Perbandingan kejadian kekeringan

Daerah/Kecamatan dengan Kejadian Kekeringan Agustus 2014		
UPTD BPTPH	VHI	NDDI
Kec.Sawan	+	+
Kec.Buleleng	+	+
Kec.Banjar	+	+
Kec.Sukasada	-	+
Kec.Pekutatan	-	+
Kec.Seriti		Kec.Kubutambahan
	Kec.Kubutambahan	

Keterangan:

+ : Terjadi kekeringan
 - : Tidak terjadi kekeringan

IV.7 Pengujian Pengaruh Indeks ONI Terhadap Luas Kekeringan

IV.7.1 Uji Hipotesis Membandingkan t Hitung Dengan t Tabel

Pengujian hipotesis ini juga disebut dengan uji T, dimana dasar pengambilan keputusan dalam uji t adalah:

Ho: Jika nilai T hitung lebih besar (>) dari t tabel maka ada pengaruh perubahan indeks ONI (x) terhadap perubahan luas kekeringan (y).

Ha: Jika nilai T hitung lebih kecil (<) dari t tabel maka tidak ada pengaruh perubahan indeks ONI (x) terhadap perubahan luas kekeringan (y).

	Coefficients	Standard Error	t Stat
Intercept	280,86628	20,5566985	13,663005
ONI	173,991056	17,12067715	10,162627

Gambar 9 Hasil Ms. Excel-ANOVA

Berdasarkan hasil diatas dapat dilihat bahwa t hitung sebesar 10,162627. Dilanjutkan dengan mencari nilai t tabel. Nilai a pada penelitian ini adalah 0,05 sehingga diperoleh $T_{0,025}$, derajat kebebasan diperoleh dari selisih dua dari jumlah observasi yaitu 34. Nilai t tabel dilihat pada 0,025;34 sehingga diperoleh nilai t tabel sebesar 2.032. Karena nilai t hitung lebih besar dari t tabel dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan.

IV.7.2 Besar Pengaruh Perubahan Indeks ONI Terhadap Luas Kekeringan

Untuk mengetahui besarnya pengaruh perubahan indeks ONI (x) terhadap perubahan luas kekeringan (y), maka dapat dilakukan uji korelasi. Hasil uji korelasi dapat dilihat *Summary output* seperti pada gambar 10. Pada gambar 10 menunjukkan bahwa pengaruh dari perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan sebesar 0,86 atau 86 % sedangkan sebanyak 14 % tidak berpengaruh.

SUMMARY OUTPUT	
Regression Statistics	
Multiple R	0,86736911
R Square	0,75232918
Adjusted R Square	0,74504474
Standard Error	103,334157
Observations	36

Gambar 10 Summary Output

Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh positif antara perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan dengan total pengaruh sebesar 86%, jadi ketika terjadi peningkatan indeks ONI maka luas kekeringan juga meningkat dan ketika terjadi penurunan indeks ONI maka luas kekeringan juga mengalami penurunan.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi literatur, pengolahan data hingga analisis data diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pola persebaran curah hujan dan suhu permukaan laut tahun 1998-2017 diperoleh persebaran curah hujan klimatologi menunjukkan persebaran di bagian utara Bali tidak merata seperti dibagian selatan Bali, dan diperoleh persebaran suhu permukaan laut klimatologi menunjukkan persebaran dibagian utara Bali selalu lebih hangat daripada bagian selatan Bali. Dari klasifikasi data suhu permukaan laut dan curah hujan pada saat *El Nino*, *La Nina* dan Normal menunjukkan pola yang searah dimana pada saat suhu permukaan menjadi semakin hangat maka terjadi peningkatan intensitas curah hujan begitupula sebaliknya.
2. Hasil pengolahan Landsat 8 menunjukkan bahwa pada algoritma VHI lebih sering didominasi dengan tingkat kekeringan lahan “sedang” hingga “berat”, sedangkan algoritma NDDI lebih sering didominasi dengan tingkat kekeringan lahan “normal” hingga “ringan”. Berdasarkan hasil pengujian tingkat kekeringan menunjukkan bahwa algoritma NDDI memiliki nilai rata-rata selisih yang lebih kecil dari nilai rata-rata selisih algoritma VHI yaitu sebesar -72 hektar untuk NDDI dan 560 hektar untuk VHI. Selain itu algoritma NDDI memiliki nilai kesesuaian dengan data lapangan lebih besar daripada algoritma VHI yaitu 81.25% untuk NDDI dan 61.5% untuk VHI.
3. Hasil analisis spasial pada tingkat kekeringan menunjukkan pola perubahan fluktuasi indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan baik dari algoritma NDDI ataupun algoritma VHI. Pada uji T menunjukkan hasil dimana t hitung lebih besar dari t tabel, sehingga H_0 diterima yaitu ada pengaruh dari perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan. Pengujian diakhiri dengan pengecekan besar pengaruh perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan. Besar pengaruh perubahan indeks ONI terhadap perubahan luas kekeringan sebesar 86% yang dikategorikan sangat kuat.

V.2 Saran

Berdasarkan proses persiapan hingga akhir penelitian, penulis memberikan beberapa saran yang dapat diambil. Saran yang dapat diberikan berdasarkan pada hasil penelitian sebagai berikut:

1. Untuk analisis yang lebih dalam, dapat dilakukan penambahan parameter lainnya seperti pola angin dan pola arus. Hal ini dikarenakan fenomena *ENSO* tidak sebatas pada pengamatan suhu permukaan laut, tetapi juga adanya pengaruh dari angin dan arus laut ketika *upwelling* atau *downwelling*.
2. Bagi penelitian selanjutnya pengamatan dapat dilakukan di dua wilayah dengan karakteristik topografi dan karakteristik geologi yang berbeda seperti provinsi Bali dengan Nusa Tenggara sehingga dapat mempermudah dalam membandingkan pengaruh *ENSO* terhadap suhu permukaan dan curah hujan di kedua provinsi.
3. Bagi penelitian selanjutnya pemahaman mengenai skrip pada IDL harus ditingkatkan, karena penulisan skrip harus sesuai dengan struktur data yang diolah. Sehingga dapat memudahkan peneliti memahami struktur data dan efisien dalam pengolahan.

DAFTAR PUSTAKA

Pustaka dari buku dan jurnal penelitian :

- Bappenas. 2003. Pedoman Teknis Kekeringan. Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Du, Tien Le Thuy, Duong Du Bui, Minh Duc Nguyen, and Hyongki Lee. 2018. "Satellite-Based, Multi-Indices for Evaluation of Agricultural Droughts in a Highly Dynamic Tropical Catchment, Central Vietnam." *Water* 10 (5): 659. <https://doi.org/10.3390/w10050659>.
- Kusmiardi. 2018. *Dari Dangau ke Pencakar Langit*. Sukabumi: CV Jejak.
- Nabilah, Farras, Yudo Prasetyo, and Abdi Sukmono. 2017. "Analisis Pengaruh Fenomena *El Nino* Dan *La Nina* Terhadap Curah Hujan Tahun 1998 - 2016 Menggunakan Indikator ONI (Oceanic Nino Index)" 6: 11.
- Nagarajan, R. 2009. *Drought assessment*. Springer, Dordrecht-Netherlands.
- Nurseto, Febrian Hendro, Sri Yulianto, and Ramos Somya. 2016. "Pengembangan Sistem Prediksi Curah Hujan Untuk Penentuan Pola Tanam Menggunakan Metode Holt Winters Pada Platform Android."
- Prarikeslan, Widya. 2016. *Oseanografi*. Pertama. Kencana.
- SAARC. 2010. SAARC Workshop on Drought Risk Management in South Asia. SAARC Disaster Management Centre, New Delhi in collaboration with Afganistan National Disaster Management Authority. 8 – 9 Agustus 2010, Kabul, Afganistan
- Satyawardhana, Haries. 2010. "Karakteristik Penyimpangan Curah Hujan Saat Kejadian *ENSO* (El Nino Southern Oscillation) Di Indonesia Berbasis Satelit TRMM," 8.

Supriatna, Wahyu. Sukartono. 2002. "Teknik Perbaikan Data Digital (koreksi dan penajaman) citra satelit. Buletin Teknik Pertanian".

Vergara, Humberto, Yang Hong, Jonathan J. Gourley, Emmanouil N. Anagnostou, Viviana Maggioni, Dimitrios Stampoulis, and Pierre-Emmanuel Kirstetter. 2014. "Effects of Resolution of Satellite-Based Rainfall Estimates on Hydrologic Modeling Skill at Different Scales." *Journal of Hydrometeorology* 15 (2): 593–613. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0113.1>.

Pustaka dari internet :

Day, B. 2018. Mosaic Buku Saku Cuaca dan Iklim. <http://www.climate4life.info/2018/11/mosaic-buku-saku-cuaca-dan-iklim.html> . Diakses pada 22 Desember 2018

Trenberth, K. 2018. NINO SST INDICES (NINO 1+2, 3, 3.4, 4; ONI AND TNI). <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-SST-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni> . Diakses pada 20 November 2018