

Pengaruh El Niño 2015-2016 dan La Niña 2020-2021 Terhadap SPL, Klorofil-A, dan Intensitas Curah Hujan di Laut Sulawesi

Muhammad Zidan Alfiqri*, Gentur Handoyo dan Rikha Widiaratih

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: muhammadzidanalfiqri@students.undip.ac.id

Abstrak

Laut Sulawesi merupakan perairan yang cukup kompleks karena terpengaruh oleh Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Laut Sulawesi diduga mendapat pengaruh dari *El Niño Southern Oscillation* (ENSO). ENSO dapat memengaruhi SPL dan klorofil-a di Laut Sulawesi. Penelitian mengenai pengaruh ENSO terhadap lingkungan perairan telah dilakukan sebelumnya, namun tidak spesifik membahas mengenai peristiwa *El Niño* kuat tahun 2015–2016 dan *La Niña* moderat tahun 2020–2021. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan secara spesifik pada tahun tersebut dan ditambah parameter curah hujan, mengingat fenomena ENSO dapat memengaruhi iklim suatu wilayah. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data SPL, klorofil-a, curah hujan, dan angin yang bersumber dari GHRSSST, OC-CCI, GSMaP, dan ASCAT. Data diolah menggunakan metode komposit bulanan dan klimatologi, lalu dianalisis secara spasio-temporal berdasarkan hasil anomali. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketika *El Niño* 2015–2016 terjadi, SPL (SPL) sebesar 28,57°C, sementara itu, klorofil-a bernilai 0,849 mg/³, dan intensitas curah hujannya sebesar 0,1 mm/hari. Berbanding terbalik dengan *El Niño*, ketika *La Niña* 2020–2021, nilai SPL adalah 30,09°C, klorofil-a bernilai 0,131 mg/m³, dan intensitas curah hujan sebesar 0,73 mm/hari. Berdasarkan hasil analisis korelasi, diketahui bahwa korelasi antara *Ocean Niño Index* (ONI) dengan SPL dan intensitas curah hujan bernilai negatif. Sedangkan korelasi antara ONI dengan klorofil-a bernilai positif.

Kata kunci: ENSO, Suhu Permukaan Laut, Klorofil-A, Intensitas Curah Hujan, Laut Sulawesi

Abstract

The Effects of El Niño 2015-2016 and La Niña 2020-2021 on SST, Chlorophyll-a, and Rainfall Intensity in the Celebes Sea

The Celebes Sea is a complex body of water that is affected by the Indonesian Throughflow (ARLINDO). The Celebes Sea is thought to be influenced by the *El Niño Southern Oscillation* (ENSO). ENSO can affect SST and chlorophyll-a in the Celebes Sea. Research on the influence of ENSO on the aquatic environment has been done before, but it does not specifically discuss the strong *El Niño* event in 2015-2016 and the moderate *La Niña* in 2020-2021. Therefore, this study was conducted specifically in that year and added rainfall parameters, considering that the ENSO phenomenon can affect the climate of a region. The data used in this study consist of SST, chlorophyll-a, rainfall, and wind data sourced from GHRSSST, OC-CCI, GSMaP, and ASCAT. The data were processed using monthly and climatological composite methods, and then analyzed spatio-temporally based on the anomaly results. The analysis showed that when *El Niño* 2015-2016 occurred, the sea surface temperature was 28.56°C, while the chlorophyll-a was 0.849 mg/3, and the rainfall intensity was 0.1 mm/day. In contrast to *El Niño*, during *La Niña* 2020-2021, the sea surface temperature was 30.09°C, chlorophyll-a was 0.131 mg/m³, and rainfall intensity was 0.73 mm/day. Based on the results of correlation analysis, it is known that the correlation between *Ocean Niño Index* (ONI) with sea surface temperature and rainfall intensity is negative. While the correlation between ONI and chlorophyll-a is positive.

Keywords: ENSO, Sea Surface Temperature, Chlorophyll-A, Rainfall Intensity, Celebes Sea

PENDAHULUAN

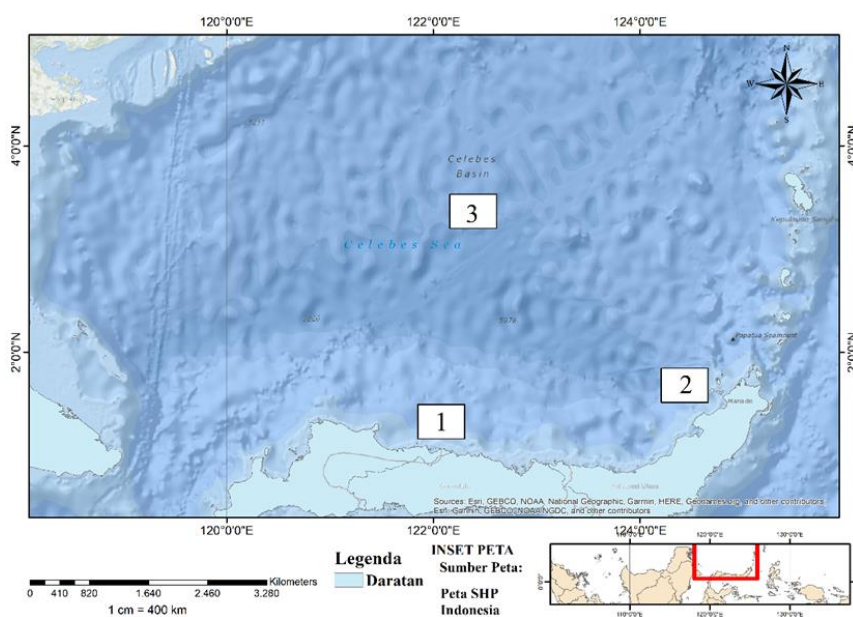
Indo pasifik tropis merupakan suatu wilayah yang terdiri dari Samudera Pasifik, Indonesia, dan Samudera Hindia. Diketahui bahwa di antara wilayah timur dan barat samudera terdapat proses interaksi laut dengan atmosfer, proses tersebut merupakan siklus Walker. Siklus Walker memiliki skala waktu variasi antar tahun. Siklus ini juga terdapat anomali, seperti anomali ENSO. Anomali ENSO ini terjadi di Wilayah Samudera Pasifik. ENSO ditandai dengan adanya fluktuasi SPL di wilayah equator Samudera Pasifik bagian timur dan

barat (Trenberth *et al.*, 2019). Fenomena ENSO dapat dipengaruhi oleh interaksi atmosfer dan laut. Daerah tropis seperti di negara Indonesia fenomena iklim yakni ENSO dapat menyebabkan adanya pergeseran pola curah hujan dan diikuti dengan perubahan temperatur yang mengakibatkan terjadinya musim hujan yang berkepanjangan dan juga musim kemarau yang panjang (Gustari, 2009). Fenomena ENSO yang terjadi di Samudera Pasifik ini dapat memberikan pengaruh bagi wilayah Indo-Pasifik Tropis.

Curah hujan merupakan salah satu unsur iklim yang keberadaannya sangat penting, namun keberadaan dari curah hujan secara parsial maupun temporal masih sedikit sulit untuk diprediksi (Nabilah *et al.*, 2017). Salah satu yang dapat meningkatkan maupun menurunkan intensitas curah hujan adalah fenomena ENSO yang terjadi di bagian timur Samudera Pasifik. Terdapat dua periode pada kondisi ENSO yaitu *El Niño* dan *La Niña*. Kondisi *El Niño* merupakan kondisi dimana SPL Samudera Pasifik bagian timur mengalami penghangatan. Sedangkan kondisi *La Niña* merupakan kondisi dimana SPL Samudera Pasifik bagian timur mengalami pendinginan. Dua fenomena (*El Niño* dan *La Niña*) ini turut memberikan pengaruh terhadap intensitas curah hujan di Indonesia (Sitompul & Nurjani, 2013). ENSO memberikan pengaruh terhadap kondisi laut di Indonesia yaitu menjadi lebih dingin pada tahun El Nino dan lebih hangat pada tahun La Nina (Aldrian, 2008).

Laut Sulawesi yang juga dikenal dengan nama *Celebes Sea* merupakan wilayah yang massa airnya dipengaruhi oleh Samudera Pasifik. Hal ini diakibatkan lokasi Laut Sulawesi merupakan pintu masuk massa air dari Samudera Pasifik ke perairan Sulawesi (Munandar *et al.*, 2021). Fenomena ENSO dapat berpengaruh secara tidak langsung terhadap SPL dan juga klorofil-a di perairan Sulawesi (Wirasatriya *et al.*, 2017). Selain itu, fenomena ENSO juga dapat mempengaruhi intensitas curah hujan yang terjadi di Laut Sulawesi dan juga wilayah Utara Sulawesi.

Penelitian mengenai pengaruh ENSO terhadap variabel lingkungan laut di Laut Sulawesi sebelumnya telah dikaji oleh Puspasari *et al* (2021). Namun, pada penelitian tersebut data yang digunakan hanya hingga tahun 2019. Fenomena *El Niño* 2015–2016 diketahui memiliki anomali ONI yang tertinggi dalam satu dekade terakhir. Sementara fenomena *La Niña* 2020–2021 merupakan tahun *La Niña* dengan kategori moderat atau sedang (Risnayah, 2021). Fenomena ENSO juga memiliki peran pada iklim, yang dimana mempengaruhi intensitas curah hujan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membahas secara spesifik pengaruh dari fenomena *El Niño* kuat tahun 2015-2016 dan *La Niña* moderat tahun 2020–2021 terhadap SPL, klorofil-a, dan juga intensitas curah hujan pada dua fenomena ENSO tersebut. Kemudian untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara fenomena ENSO dengan parameter-parameter tersebut. Hal ini perlu diketahui mengingat fenomena ENSO ini dapat memberikan pengaruh yang berbeda pada suatu wilayah. Ketika *El Niño* terjadi, maka nilai SPL dan intensitas curah hujan akan mengalami penurunan, sementara nilai klorofil-a mengalami peningkatan. Sedangkan, ketika fenomena *La Niña* terjadi, akan menyebabkan nilai SPL dan intensitas curah hujan akan meningkat, sementara nilai klorofil-a akan menurun.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data selama 15 tahun, yaitu tahun 2007-2021. Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah data SPL, klorofil-a, angin, dan intensitas curah hujan. Data SPL diunduh dari *Remote Sensing System* (REMMS), memiliki resolusi spasial 9 km dan diunduh melalui file transfer protocol melalui <ftp://ftp.remss.com/sst/daily>. Data klorofil-a diunduh melalui Marine Copernicus dan memiliki resolusi spasial 4 km. Data curah hujan diunduh melalui *Global Satellite Mapping of Precipitation* (GSMaP) yaitu <https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/>, dan memiliki resolusi spasial 11,06 km. Data angin diunduh dari *Advanced Scatterometer* (ASCAT) dan memiliki resolusi spasial 12,5 km. Pada penelitian ini menggunakan data ONI yang bersumber dari origin.cpc.ncep.noaa.gov.

Lokasi penelitian berada di Laut Sulawesi (0° - 5°LU dan 119° - 127°BT). Fokus penelitian terbagi menjadi 3 area penelitian, yaitu area 1 terletak di wilayah Pesisir Magege yang dimana merupakan daerah di Utara Pulau Sulawesi yang berbentuk teluk dengan kondisi pesisir yang minim penduduk. Area 2 terletak di Teluk Manado dengan wilayah pesisir yang cukup padat penduduk dan menjadi muara dari Sungai Tondano. Area 3 terletak di bagian tengah dari Laut Sulawesi (Gambar 1).

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah metode ilmiah yang konkrit, rasional, dan juga sistematis. Metode ini digunakan karena dalam penelitian ini menggunakan angka-angka dan juga dilakukan analisis secara statistik dan sistematis agar mendapat pembahasan yang sesuai (Sugiyono, 2009). Secara umum, dalam pengolahan data terdapat 3 tahapan pengolahan data yaitu: i) pengolahan data SPL, klorofil-a, intensitas curah hujan, dan angin, ii) pengolahan data ONI, iii) dan Analisa korelasi.

Pengolahan Data SPL, Klorofil-A, Intensitas Curah Hujan, dan Angin

Data SPL, klorofil-a, intensitas curah hujan, dan juga angin yang digunakan merupakan data harian (*daily*) selama 15 tahun (2007-2021). Data yang diunduh memiliki format *Net Common Data File* (NetCDF). Setelah diunduh, data kemudian dilakukan ekstraksi (*extract*) secara harian menggunakan *software* IDL untuk mendapat nilai seluruh parameter secara harian. Hasil *extract* harian yang telah didapat kemudian diolah secara komposit bulanan dan komposit klimatologi bulanan untuk mendapat nilai rata-rata parameter selama 15 tahun secara bulanan. Perhitungan komposit (*compile*) bulanan dan juga klimatologi dilakukan dengan menggunakan rumus dalam Wirasatriya *et al.*, (2017) berikut:

$$X(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i(x, y, t)$$

Keterangan: $X(x, y)$ = rata-rata bulanan atau klimatologi; $x_i(x, y, t)$ = nilai data pada posisi (x, y) dan waktu t ; n = jumlah data dalam 1 bulan dan jumlah data bulanan dalam 1 periode klimatologi. Jika x_i adalah *hollow pixel* (NaN), maka tersebut merupakan data kosong (tidak memiliki nilai) sehingga tidak ikut serta dalam perhitungan rata-rata.

Pengolahan Data ONI

Data ONI yang didapat kemudian di-*input* kedalam *Excel* dan diolah menggunakan *software* IDL untuk menggambar grafik anomali yang terjadi. Periode kekuatan ketika periode ENSO terbagi menjadi dua, dimana ketika anomali SPL > 0,5°C maka dianggap fase *EL Niño* dan anomali SPL < 0,5°C dianggap fase *La Niña*.

Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara dua variabel atau lebih. Penelitian ini menggunakan analisis korelasi metode *pearson* untuk mengetahui hubungan keterkaitan antara dua variabel, seperti nilai ONI dengan SPL di Laut Sulawesi ketika terjadi fenomena ENSO. Perhitungan korelasi menggunakan perhitungan koefisien korelasi linier atau korelasi Pearson (Santillán *et al.*, 2012).

$$r = \frac{N(\sum XY) - (\sum X \sum Y)}{\sqrt{(N(\sum X^2) - (\sum X)^2) - (N(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)}}$$

Keterangan: r = nilai koefisien korelasi; N = jumlah data; X = variabel pertama; Y = variabel kedua.

Tabel 1. Klasifikasi Analisis Korelasi

Nilai r korelasi	Keterangan
0,00 - 0,19	Sangat Lemah
0,20 - 0,39	Lemah
0,40 - 0,59	Cukup Kuat
0,60 - 0,79	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

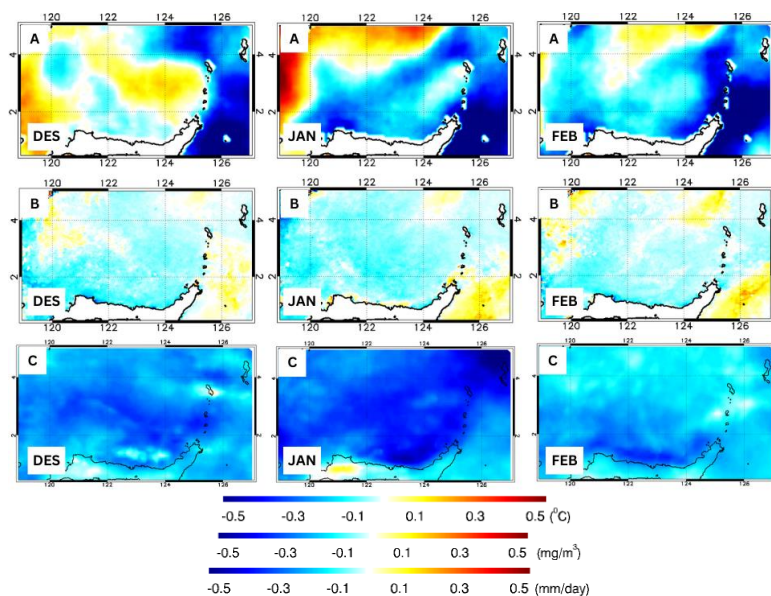
Korelasi dengan nilai tinggi menunjukkan bahwa antarparameter memiliki keterkaitan, begitu pula sebaliknya. Klasifikasi korelasi terdapat pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

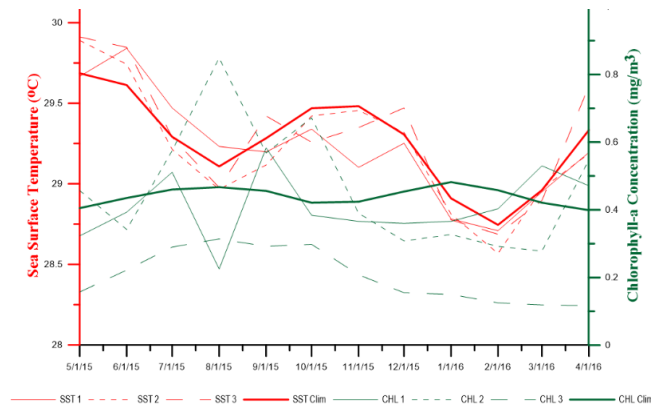
Anomali Parameter Selama Periode ENSO

Menurut Varotsos *et al.* (2016), peristiwa *El Niño* 2015-2016 menjadi salah satu yang terkuat semenjak *El Niño* kuat yang terjadi pada tahun 1997-1998. Selama tahun 2015, SPL di wilayah pasifik tropis lebih tinggi dari kondisi normalnya, hal ini mengindikasikan terdapat potensi terjadinya fenomena ENSO. ONI digunakan untuk mengetahui anomali SST yang terdapat di wilayah Niño 3.4 yang memiliki titik koordinat di 5°LS - 5°LU, 170° - 120° BB. Periode ENSO akan dihitung jika nilai indeks ENSO lebih dari 0.5 atau kurang dari -0.5 selama 3 bulan berturut-turut. Menurut Zhang *et al.* (2016), periode ENSO umumnya dimulai dari *boreal summer* (JJA) dan berakhir pada *boreal spring* (MAM), fenomena ENSO mencapai puncaknya pada *boreal winter* (DJF). Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan memfokuskan kondisi parameter ketika *boreal winter* karena nilai ONI mencapai titik tertingginya. Distribusi spasial anomali tiap parameter ketika terjadi fenomena *El Niño* 2015-2016 (Gambar 2) dan grafik ditampilkan pada Gambar 3-4. Kemudian, distribusi spasial anomali periode *La Niña* 2020-2021 (Gambar 5) dan grafik disajikan pada Gambar 6-7.

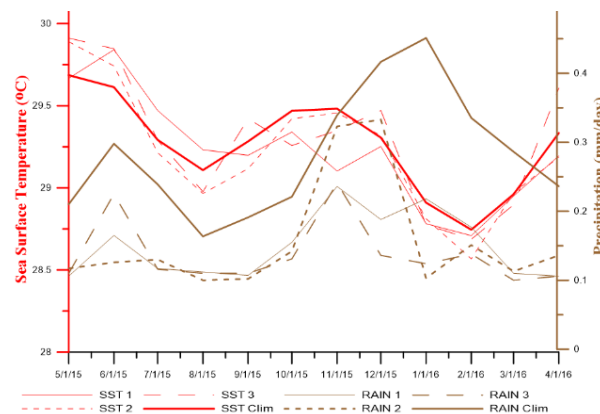
Selama periode *El Niño* 2015-2016, anomali terlihat secara spasial dan juga dalam bentuk grafik. Laut Sulawesi umumnya mengalami penurunan SPL pada periode *El Niño*. Anomali SPL mengalami pendinginan selama musim barat. Terlihat pada gambar, anomali SPL terendah mencapai -0,5°C yang hampir terjadi selama musim barat. Namun, pada wilayah Laut Sulawesi bagian barat dan barat laut, terlihat memiliki anomali positif yang lemah, dimana nilainya mencapai 0,3°C. Namun, nilai anomali klorofil-a selama periode *El Niño* 2015-2016 yang terlihat pada peta, memiliki nilai anomali yang negatif selama musim barat. Anomali positif dari klorofil-a terdapat di wilayah barat dari Laut Sulawesi dimana nilainya mencapai 0,2 mg/m³. Untuk intensitas curah hujan, selama periode *El Niño* 2015-2016 mengalami penurunan nilai jika dilihat dari peta anomali curah hujan. Nilai anomali curah hujan berkisar antara -0,2 hingga -0,4 mm/hari. Intensitas curah hujan terendah terjadi pada bulan Januari, dimana nilainya mencapai -0,4 mm/hari.



Gambar 2. Anomali Periode El Niño 2015-2016 (a) SST, (b) Klorofil-a, (c) Curah Hujan



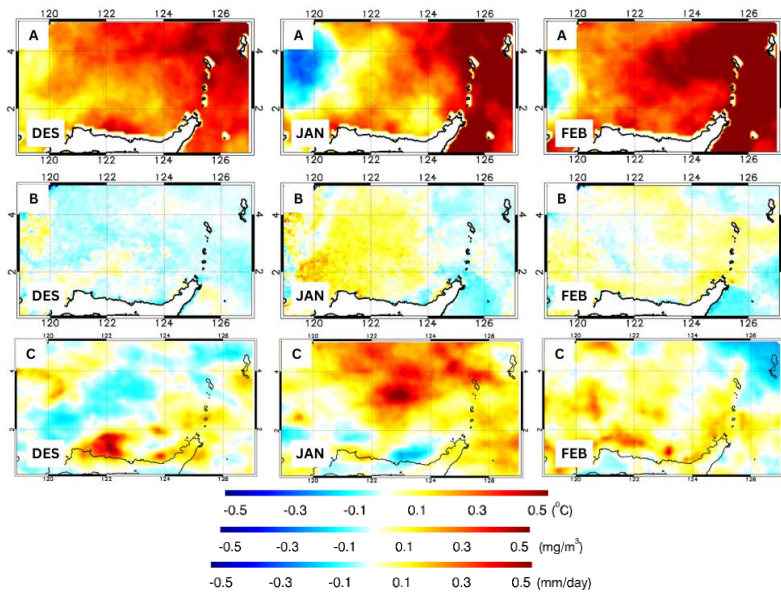
Gambar 3. Grafik Anomali SST dan Klorofil-A Periode *El Niño* 2015-2016



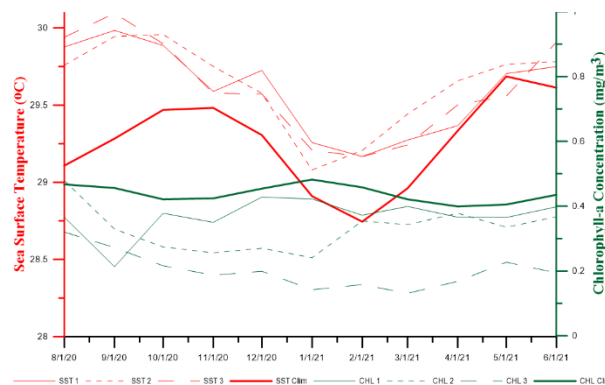
Gambar 4. Grafik Anomali SST dan Curah Hujan Periode *El Niño* 2015-2016

Berdasarkan grafik SPL dan klorofil-a selama periode *El Niño* 2015-2016, titik terendah dari SPL terjadi pada musim barat. SPL terendah terjadi pada bulan Februari 2016, dimana pada bulan tersebut, SPL di area 1 sebesar 28,78°C, kemudian di area 2 SPLnya sebesar 28.568°C, dan pada area 3 SPLnya sebesar 28,75°C. Lasut *et al.* (2021), dijelaskan bahwa secara umum SPL di Laut Sulawesi relatif lebih rendah ketika terjadi periode *El Niño* dibandingkan dengan periode normal. Namun, nilai klorofil-a ketika musim barat terlihat tidak terlalu signifikan mengalami peningkatan. Nilai klorofil-a mengalami peningkatan ketika memasuki musim peralihan 1, hal ini dapat disebabkan oleh penurunan SPL ketika bulan Februari sebagai penyebab meningkatnya konsentrasi klorofil-a pada musim peralihan 1. Berdasarkan grafik, konsentrasi klorofil-a tertinggi pada bulan Agustus 2015 dengan nilai 0,85 mg/m³, kemudian klorofil-a mengalami penurunan hingga bulan November 2015. Kemudian memasuki musim barat, klorofil-a kembali mengalami peningkatan yang tidak signifikan. Nilai klorofil-a kembali mengalami peningkatan signifikan pada bulan Maret 2016 yang nilainya mencapai 0,55 mg/m³. Lasut *et al.* (2021) menjelaskan bahwa konsentrasi klorofil-a di perairan Sulawesi Utara, pada wilayah Barat dan timur, umumnya memiliki nilai yang cenderung lebih tinggi ketika terjadi periode *El Niño* karena massa air hangat yang bergerak ke Timur menyebabkan adanya kekosongan massa air di Perairan Indonesia, salah satunya perairan Sulawesi.

Kemudian, untuk grafik antara SPL dengan intensitas curah hujan, terlihat bahwa intensitas curah hujan mengalami nilai yang cukup rendah secara spasial pada musim barat ketika *El Niño* terjadi. Intensitas curah hujan selama periode *El Niño* ini berkisar antara 0.1 hingga 0.3 mm/hari. Intensitas curah hujan terendah terjadi pada bulan Januari 2016 dimana nilainya hanya 0,1 mm/hari. Kemudian, memasuki musim peralihan 1, nilai intensitas curah hujan mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dikarenakan karena penurunan nilai SPL yang menyebabkan penguapan menjadi berkurang, sehingga awan hujan yang terbentuk menjadi lebih sedikit. Dalam penelitian yang dilakukan Renggono (2011), ketika periode *El Niño*, curah hujan menjadi berkurang dibandingkan dengan kondisi normal. Haryanto *et al* (2021) menjelaskan bahwa peristiwa *El Niño* biasanya menyebabkan musim kemarau bertahan lebih lama dibandingkan biasanya di sebagian besar wilayah Indonesia.



Gambar 5. Anomali Periode *La Niña* 2020-2021 SST, (b) Klorofil-a, (c) Curah Hujan



Gambar 6. Grafik Anomali SST dan Klorofil-A Periode *La Niña* 2020-2021

Selama periode *La Niña* 2020 – 2021, perairan utara Sulawesi ini berkebalikan dengan ketika periode *El Niño*, dimana SPLnya memiliki anomali positif yang sangat kuat. Anomali SPL selama periode *La Niña* 2020-2021 terlihat memiliki anomali positif yang kuat (Gambar 6). Berdasarkan peta, SPL selama periode *La Niña* terjadi memiliki nilai anomali sebesar 0,3 hingga 0,5°C. Puncak tertingginya terjadi pada bulan Februari, dimana nilai anomalnya sebesar 0,5°C. Kemudian, nilai klorofil-a selama periode *La Niña* 2020-2021 terlihat memiliki anomali negatif di Desember, sementara, pada bulan Januari dan Februari terlihat memiliki anomali positif yang lemah di Laut Sulawesi. Nilai anomali klorofil-a berkisar antara -0,2 hingga 0,1 mg/m³. Sementara itu, terlihat anomali intensitas curah hujan yang memiliki nilai positif selama musim barat. Nilai intensitas curah hujan ketika bulan Januari memiliki sebaran yang merata baik di Laut Sulawesi maupun pesisir Sulawesi Utara. Intensitas hujan tertinggi mencapai 0,4 mm/hari di Desember dan Januari.

Berdasarkan pada grafik SPL dengan klorofil-a, terlihat bahwa Nilai dari SPL mengalami peningkatan ketika periode *La Niña* terjadi. Nilai SPL di Laut Sulawesi selama periode *La Niña* cenderung lebih tinggi dibandingkan kondisi normal. SPL tertinggi mencapai 30,1°C pada bulan September 2020. Kemudian, SPL cenderung menurun hingga Kembali naik pada bulan Desember, dimana nilai SPLnya sebesar 29,73°C. Gao *et al* (2022) menjelaskan bahwa selama peristiwa *La Niña* 2020, anomali positif yang terjadi di ekuator bagian barat ini disertai dengan anomali negatif yang terjadi di Pasifik bagian tengah dan timur. Evolusi dari SPL di bagian timur mengindikasikan adanya proses positif dan negatif SPL.

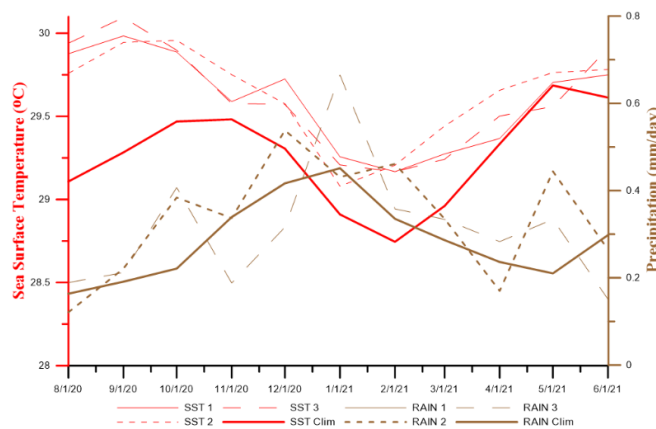
Nilai klorofil-a mengalami penurunan selama periode *La Niña* terjadi, dimana nilai konsentrasi klorofil-a hanya berkisar antara 0,1 mg/m³ hingga 0,4 mg/m³. Konsentrasi klorofil-a selama periode *La Niña* memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kondisi normal. Nilai klorofil-a pada bulan Desember 2020 hanya sebesar 0,2 mg/m³, kemudian memasuki bulan Januari nilai klorofil-a kembali turun menjadi 0,18

mg/m³. Nilai terendah klorofil-a terjadi pada bulan Maret 2021, dimana nilainya hanya sebesar 0,13 mg/m³. Salah satu penyebab rendahnya konsentrasi klorofil-a adalah SPL mulai mengalami peningkatan ketika bulan Januari 2021 hingga bulan Mei 2021. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang berbanding terbalik antara SPL dengan konsentrasi klorofil-a. Dimana, peningkatan SPL akan menyebabkan penurunan pada nilai konsentrasi klorofil-a dan sebaliknya. Untuk kejadian ENSO pada periode *upwelling* maka akan mempengaruhi variabilitas temporal dan spasial dari SPL dan juga klorofil-a antar tahunan. Secara temporal, saat terjadi fenomena *La Niña* maka nilai SPL akan mengalami kenaikan (Putra *et al.*, 2017). Nurafifah *et al.* (2022) menjelaskan bahwa ketika fenomena *La Niña* terjadi, kecepatan angin monsun di Indonesia menurun, hal ini mengakibatkan naiknya SPL di Indonesia. Menurunnya kecepatan angin ini, dapat mengakibatkan nilai konsentrasi klorofil-a menurun dan nilai SPL di Sulawesi mengalami peningkatan. Hal ini tentunya dapat berpengaruh terhadap intensitas *upwelling* yang terjadi di Laut Sulawesi.

Berdasarkan pada grafik, terlihat bahwa nilai intensitas curah hujan selama periode *La Niña* terlihat mengalami tren yang meningkat (Gambar 7). Apabila dibandingkan dengan periode normal, terlihat nilai intensitas curah hujan pada periode *La Niña* lebih tinggi daripada intensitas curah hujan periode normal. Nilai intensitas curah hujan tertinggi adalah sebesar 0,73 mm/hari yang terjadi pada bulan Desember 2020. Hal ini dapat oleh nilai SPL yang cukup tinggi ketika musim peralihan. Menurut Risnayah (2021), periode *La Niña* mulai menguat ketika bulan November, sehingga musim penghujan di Sulawesi umumnya mulai masuk ketika bulan November. Menurut Haryanto *et al.* (2021), peristiwa *La Niña* menyebabkan musim hujan bertahan lebih lama jika dibandingkan dengan periode normal, hal ini ada keterkaitannya dengan perpindahan massa udara yang masih dipengaruhi oleh anomali SPL.

Pengaruh Fenomena ENSO Terhadap Seluruh Parameter

ENSO memberikan pengaruh terhadap parameter SPL, klorofil-a, dan curah hujan dibandingkan ketika periode normal. Pengaruh fenomena ENSO yang terjadi dapat dilihat dari korelasi antara nilai ONI dengan nilai parameter yang terdapat di Laut Sulawesi ketika periode ENSO. Nilai korelasi setiap musim disajikan pada Tabel 2-5. ONI memberikan pengaruh terhadap variabilitas SPL yang terdapat di area 1 dan 2 dimana nilainya mencapai -0,40 dan -0,404. Korelasi antara SPL dengan ONI ketika musim barat ini tergolong korelasi positif cukup lemah. Korelasi antara klorofil-a dengan ONI pada area 3 merupakan korelasi tertinggi dimana bernilai positif cukup kuat dengan nilai 0,44. Nilai tertinggi korelasi intensitas curah hujan dengan ONI terdapat di area 1 dimana memiliki korelasi negatif kuat dimana nilainya adalah -0,641.



Gambar 7. Grafik Anomali SST dan Curah Hujan Periode *La Niña* 2020-2021

Tabel 2. Korelasi ENSO Ketika Musim Barat

Parameter	Area 1		Area 2		Area 3	
	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi
SST	-0,4**	0,007	-0,04**	0,006	0,312*	0,037
Chl-a	-0,014	0,928	-0,141	0,356	0,44	0,776
Angin	-0,011	0,942	0,157	0,304	0,07	0,646
Curah Hujan	-0,641**	0	-0,463	0,001	-0,62**	0

Tabel 3. Korelasi ENSO Ketika Musim Peralihan 1

Parameter	Area 1		Area 2		Area 3	
	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi
SST	-0,164	0,281	-0,171	0,26	-0,074	0,629
Chl-a	0,113	0,462	0,236	0,118	-0,097	0,524
Angin	0,332*	0,026	0,73	0,633	0,337*	0,024
Curah Hujan	-0,572**	0	-0,551**	0	-0,553**	0

Tabel 4. Korelasi ENSO Ketika Musim Timur

Parameter	Area 1		Area 2		Area 3	
	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi
SST	0,004	0,98	-0,144	0,345	-0,21	0,166
Chl-a	-0,153	0,317	0,339*	0,023	0,12	0,431
Angin	0,242	0,11	0,389**	0,008	0,521**	0
Curah Hujan	-0,438**	0,003	0,305*	0,042	-0,372*	0,012

Tabel 5. Korelasi ENSO Ketika Musim Peralihan 2

Parameter	Area 1		Area 2		Area 3	
	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi	Korelasi	Signifikansi
SST	-0,427**	0,003	-0,423**	0,004	-0,341*	0,022
Chl-a	-0,291	0,052	0,419**	0,004	0,143	0,349
Angin	0,362*	0,015	0,257	0,088	0,327*	0,028
Curah Hujan	-0,408**	0,005	0,302*	0,044	-0,302*	0,0044

Musim peralihan 1, terlihat bahwa korelasi fenomena ENSO dengan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a tidak terlalu kuat. Namun, Korelasi antara ENSO dengan intensitas curah hujan berkorelasi negatif kuat di setiap area selama musim peralihan 1. Korelasi SPL dengan ONI pada area 2 tergolong korelasi negatif yang lemah dimana nilai korelasinya adalah -0,260. Kemudian, korelasi antara klorofil-a dengan ONI tertinggi terdapat pada area 2 dimana nilai korelasinya tergolong positif lemah dengan nilai 0,0236. Berbeda dengan SPL dan klorofil-a, nilai korelasi antara curah hujan dengan ONI tergolong korelasi negatif cukup kuat dimana nilai korelasinya sebesar -0,572 pada area 1.

Korelasi ketika musim timur menunjukkan bahwa korelasi antara ENSO dengan suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, angin, dan intensitas curah hujan berkorelasi lemah hingga cukup kuat secara umum. Nilai korelasi tertinggi antara SPL dengan ONI terdapat pada area 3 dimana nilai korelasinya negatif lemah dengan nilai -0,210. Korelasi tertinggi antara klorofil-a dengan ONI terdapat pada area 2 dimana nilainya adalah 0,339 yang tergolong korelasi positif lemah. Nilai korelasi tertinggi antara curah hujan dengan ONI terdapat pada area 1 dengan nilai -0,438.

Korelasi ketika musim peralihan 2 terlihat cukup beragam, dimana korelasi antara ENSO dengan seluruh parameter berkorelasi lemah hingga cukup kuat. Korelasi tertinggi antara SPL dengan ONI terdapat pada area 1 dimana nilai korelasinya adalah negatif kuat dengan nilai -0,427. Korelasi tertinggi antara klorofil-a dengan ONI terdapat pada area 2 dengan korelasi positif kuat yang bernilai 0,419. Intensitas curah memiliki korelasi yang tinggi dengan ONI pada area 1 dimana korelasinya tergolong negatif kuat dengan nilai korelasi sebesar -0,408.

Korelasi antara suhu permukaan laut dengan ONI menunjukkan bahwa korelasinya bernilai negatif. Hal ini menandakan bahwa ada perbedaan nilai suhu permukaan laut di Laut Sulawesi dengan indeks ONI yang terdapat di Samudera Pasifik. Perbedaan nilai korelasi setiap area ketika musim peralihan 2 dan musim barat tidak terlalu berbeda signifikan. Korelasi antara suhu permukaan laut dengan ENSO ini tergolong korelasi negatif yang cukup kuat. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Puspasari *et al* (2021), dimana koefisien korelasi yang tinggi antara suhu permukaan laut dan ONI menunjukkan bahwa fenomena ENSO memiliki pengaruh yang cukup kuat di Perairan Sulawesi.

Korelasi antara klorofil-a dengan ONI menunjukkan bahwa korelasinya bernilai positif, hal ini menggambarkan bahwa jika anomali SPL di Samudera Pasifik bernilai positif tau mengalami peningkatan,

maka distribusi klorofil-a di Laut Sulawesi juga mengalami peningkatan. Puspasari *et al* (2021) menjelaskan bahwa salah satu anomali klorofil-a rendah terjadi ketika 2016, kejadian anomali klorofil-a baik tinggi maupun rendah sebagian besar dipengaruhi oleh fenomena ENSO, namun, tidak mengikuti kekuatan dari skala ONI. Dari kondisi tersebut, dapat dikatakan bahwa konsentrasi klorofil-a tidak secara langsung terkait dengan fenomena ENSO.

Korelasi antara intensitas curah hujan dengan ONI bernilai negatif yang menandakan bahwa jika anomali SPL di Samudera Pasifik bernilai positif atau meningkat, maka intensitas curah hujan di Laut Sulawesi akan berkurang. Korelasi tertinggi terjadi pada musim barat, dimana korelasi negatif tertinggi terletak pada area 1 dan 3. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan yang cukup kuat antara anomali suhu permukaan laut yang terjadi di Samudera Pasifik dengan jumlah intensitas curah hujan yang terdapat di Sulawesi. Korelasi antara curah hujan dengan ONI indeks tergolong kuat pada periode musim barat. Menurut penelitian yang dilakukan Prasetyo & Puspasari (2018), korelasi curah hujan Sulawesi terhadap fenomena ENSO cukup tinggi dengan nilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas curah hujan di Sulawesi berbanding terbalik dengan kondisi suhu permukaan laut di Samudera Pasifik Tengah. Ketika suhu permukaan laut di Samudera Pasifik Tengah meningkat, maka curah hujan di Sulawesi akan berkurang. Haylock & McBride (2001) menjelaskan bahwa ketika periode *El Niño*, monsun membawa transport kelembapan yang cenderung kering. Hal ini menyebabkan sedikitnya pertumbuhan awan sehingga curah hujan akan berkurang cukup banyak dari keadaan normal.

KESIMPULAN

Peristiwa ENSO memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kondisi Laut Sulawesi. Dimana ketika *El Niño* 2015-2016, nilai suhu permukaan laut lebih rendah jika dibandingkan kondisi normal. SPL terendah di Laut Sulawesi bernilai 28,57°C pada bulan Februari 2016. Kemudian, klorofil-a mengalami peningkatan nilai selama periode *El Niño* jika dibandingkan periode normal. Nilai klorofil-a tertinggi terdapat ketika bulan Agustus 2015 dimana nilainya mencapai 0,85 mg/m³. Intensitas curah hujan selama *El Niño* berkurang hingga mencapai 0,1 mm/hari pada bulan Agustus 2015. Berbanding terbalik dengan fenomena *El Niño*, ketika periode *La Niña* terjadi pada tahun 2020-2021, kondisi suhu permukaan laut mengalami peningkatan nilai jika dibandingkan kondisi netral. Suhu permukaan laut tertinggi mencapai 30,09°C pada bulan September 2020. Klorofil-a mengalami penurunan nilai dengan nilai terendahnya terjadi pada bulan Maret 2021 dimana nilainya adalah 0,13 mg/m³. Intensitas curah hujan meningkat selama *La Niña* terjadi, dimana nilai tertingginya adalah 0,73 mm/hari. Korelasi antara ONI indeks dengan suhu permukaan laut dan intensitas curah hujan bernilai negatif, sementara itu korelasi antara ONI indeks dengan klorofil-a bernilai positif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. 2008. *Meteorologi Laut Indonesia*. Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Gao, C., Chen, M., Zhou, L., Feng, L. & Zhang, R. H. 2022. The 2020–2021 Prolonged La Niña Evolution In The Tropical Pacific. *Science China Earth Sciences*, 65: 2248-2266. <https://doi.org/10.1007/s11430-022-9985-4>.
- Gustari, I. 2009. Analisis Curah Hujan Pantai Barat Sumatera Bagian Utara Periode 1994-2007. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 10(1): 29-38. <https://doi.org/10.31172/jmg.v10i1.31>.
- Haryanto, Y. D., Hadiman, H., Agdialta, R. & Riama, N. F., 2021. Pengaruh El Niño Terhadap Pola Distribusi Klorofil-a dan Pola Arus di Wilayah Perairan Selatan Maluku. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3): 364-374. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i3.10456>.
- Haylock, M. & McBride, J. 2001. Spatial Coherence and Predictability Of Indonesian Wet Season Rainfall. *Journal of Climate*, 14(18): 3882-3887. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C3882:S CAPOI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014%3C3882:S CAPOI%3E2.0.CO;2).
- Lasut, A. Y., Patty, W., Warouw, V., Sondakh, C. A., Bara, R. A., Luasunaung, A. & Sumilat, D. A. 2021. The relationship between El Niño Southern Oscillation (ENSO) and oceanographic parameters in North Sulawesi waters. *Aquatic Science & Management*, 9(1): 17-25. <https://doi.org/10.35800/jasm.9.1.2021.32494>.

- Munandar, B., Wirasatriya, A., Sugianto, D. N., Ambariyanto & Sunaryo. 2021. Respon Kecepatan Angin Terhadap Variabilitas Klorofil-a di Laut Filipina Dan Maluku Bagian Utara. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 269-276. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38273>.
- Nabilah, F., Prasetyo, Y. & Sukmono, A. 2017. Analisis pengaruh fenomena El Nino dan La Nina terhadap curah hujan tahun 1998-2016 menggunakan indikator ONI (Oceanic Nino Index) (Studi kasus: Provinsi Jawa Barat). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4): 402-412. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.18170>.
- Nurafifah, U. O., Zainuri, M. & Wirasatriya, A. 2022. Pengaruh ENSO dan IOD Terhadap Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Pada Periode Upwelling di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(3): 74-85. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i3.14971>.
- Prasetyo, B. & Pusparini, N. 2018. Pengaruh Central El Nino Pasifik Tengah Dan Timur Terhadap Variabilitas Curah Hujan Di Sulawesi. *Jurnal Sains Dirgantara*, 15(2): 73-84. <http://doi.org/10.30536/j.jsd.2018.v15.a2864>.
- Puspasari, R., Triharyuni, S., Alimi, T., Campbell, S. J., Jakub, R., Suherfian, W. & Setiawan, H. 2021. Pengaruh Enso Terhadap Lingkungan Perairan dan Perikanan di Perairan Sulawesi Utara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 27(2): 95-106. <http://doi.org/10.15578/jppi.27.2.2021.%25p>.
- Putra, A. P., Atmadipoera, A. S. & Pariwono, J. I. 2020. Response of Sea Surface Temperature and Chlorophyll-A on ENSO and IODM Events In The Tropical Indo-Pacific Region. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1): 167-182. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.30693>.
- Renggono, F., 2011. Pengaruh ENSO Terhadap Pola Angin Dan Curah Hujan Di DAS Larona, Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 12(2): 63-68. <http://doi.org/10.29122/jstmc.v12i2.2192>.
- Risnayah, S. 2021. Dampak La Nina 2020–2021 Terhadap Curah Hujan di Sulawesi Tenggara. *Buletin GAW Bariri (BGB)*, 2(2): 97-104. <https://doi.org/10.31172/bgb.v2i2.60>.
- Santillán N. S., López, R G., Zepeda, R V. & Trejo, R. S. 2012. Climate change in NE Mexico: influence of the North Atlantic Oscillation. *Investigaciones geográficas*, 78: 7-18.
- Sitompul, Z. & Nurjani, E. Pengaruh El Nino Southern Oscillation (ENSO) Terhadap Curah Hujan Musiman dan Tahunan di Indonesia. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(1): 11-18.
- Sugiyono. 2009. *Metode Peneltian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Trenberth, K. E., Zhang, Y., Fasullo, J. T. & Cheng, L. 2019. Observation-Based Estimates of Global and Basin Ocean Meridional Heat Transport Time Series. *Journal of Climate*, 32(14): 4567–4583. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-18-0872.1>.
- Varotsos, C. A., Tzanis, C. G. & Sarlis, N. V. 2016. On the progress of the 2015–2016 El Niño event. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(4): 2007-2011. <https://doi.org/10.5194/acp-16-2007-2016>.
- Wirasatriya, A., Setiawan, R. Y. & Subardjo, P. 2017. The Effect of ENSO on The Variability of Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in The Maluku Sea. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(12): 5513-5518. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2745207>.
- Zhang, Q., Wang, Y., Singh, V.P., Gu, X., Kong, D. & Xiao, M. 2016. Impacts of ENSO and ENSO Modoki+A regimes on seasonal precipitation variations and possible underlying causes in the Huai River basin, China. *Journal of Hydrology*, 533: 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.12.003>.