Tersedia online di: http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi
e-mail:jppi.puslitbangkan@gmail.com
JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA
Volume 27 Nomor 2 Juni 2021
p-ISSN: 0853-5884
e-ISSN: 2502-6542
Nomor Akreditasi RISTEK-BRIN: 148/M/KPT/2020

PENGARUH ENSO TERHADAP LINGKUNGAN PERAIRAN DAN PERIKANAN DI PERAIRAN SULAWESI UTARA

THE EFFECTS OF ENSO ON WATER CONDITION AND FISHERIES IN NORTH SULAWESI

Reny Puspasari*[1], Setya Triharyuni[1], Taufiq Alimi[2], Stuart J. Campbell[2], Raymond Jakub[2], Wahid Suherfian[2], Emilio de la Rosa[2] dan Haris Setiawan[2]
[1]Pusat Riset Perikanan, Gedung BRSDM KP II. Jl. Pasir Putih II, Ancol Timur – Jakarta Utara, Indonesia
[2]Rare-Indonesia, Jl. Gunung Gede 1 No.6 Taman Kencana – Bogor – 16151
Jawa Barat, Indonesia
Teregistrasi I tanggal: 27 September 2021; Diterima setelah perbaikan tanggal: 28 Desember 2021;
Disetujui terbit tanggal: 28 Desember 2021

ABSTRAK

Perairan Sulawesi Utara memiliki potensi perikanan yang tinggi dan menjadi lintasan arus lintas Indonesia (arlindo) diduga mendapatkan pengaruh dari kejadian ENSO. Kajian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara fenomena ENSO dengan kondisi perairan dan perikanan di wilayah perairan Sulawesi Utara. Analisis dilakukan dengan menggunakan analisis korelasi, regresi berganda model *Cob Douglass* dengan metode OLS dan WLS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena ENSO berkorelasi dengan perubahan nilai anomali suhu perairan, salinitas dan konsentrasi klorofil-a. CPUE ikan karang dan beberapa ikan pelagis kecil naik ketika periode La Nina. Hubungan variabilitas lingkungan dan ENSO pada nilai CPUE ikan pelagis kecil dan ikan karang menunjukkan bahwa variabel salinitas permukaan merupakan variabel yang paling berpengaruh pada nilai CPUE ikan pelagis kecil dengan hubungan yang positif sedangkan untuk CPUE ikan karang sangat dipengaruhi oleh variabel salinitas kolom air dengan hubungan yang negatif.

Kata Kunci: Variabilitas iklim; ENSO; ikan karang; ikan pelagis kecil; CPUE

ABSTRACT

Sulawesi Sea has a high potency of fisheries. This area has become an entrance of Indonesia through flow (ITF) and has been affected by ENSO. The study's objective is to analyze the correlation between ENSO and the dynamic of environment conditions and fisheries. The analysis was conducted by using correlation and multiple regression analysis of the Cob Douglass model using the OLS and WLS methods. The results showed that the ENSO correlates with the anomaly of subsurface temperature, salinity and chlorophyll-a concentration CPUE of reef fish and several species of small pelagic fish increased when La Nina occurs. Surface salinity is the most influential variable on the CPUE of small pelagic fish with a positive relationship. CPUE of reef fish is strongly influenced by the sub-surface salinity variable with a negative relationship.

Keywords: Climate variability; ENSO; reef fish; small pelagic fish; CPUE

Korespondensi penulis:
reny.paksi@gmail.com
DOI: http://dx.doi.org/10.15578/jppi.27.2.2021.95-106

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

PENDAHULUAN

Perairan Sulawesi mendapatkan pengaruh secara langsung dari dinamika yang terjadi di Samudera Pasifik, salah satunya melalui mekanisme arus lintas Indonesia (arlindo) yang membawa massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Fenomena ENSO yang terjadi di Samudera Pasifik juga dapat dirasakan dampaknya di perairan Laut Sulawesi (Seprianto *et al*., 2016). ENSO merupakan fenomena yang terbentuk akibat adanya anomali suhu permukaan laut di wilayah Samudera Pasifik Ekuator (Fadlan *et al.,* 2017). Kondisi anomali perairan yang disebabkan oleh kejadian ENSO, tentunya berpengaruh pada kondisi oseanografi dan sumber daya ikan yang ada di dalamnya.

Perairan Sulawesi memiliki potensi perikanan yang tinggi baik perikanan pelagis besar, pelagis kecil dan ikan karang. Ikan karang dan ikan pelagis memiliki nilai ekonomis tinggi serta memiliki fungsi ekologi yang sangat penting dalam tingkatan trofik. Produksi ikan karang Sulawesi Utara menempati urutan ke 6 dari 34 provinsi di Indonesia, sedangkan untuk produksi ikan pelagis kecil sebesar 55.70% dari total produksi di Laut Sulawesi (WCS, 2021).

Fenomena ENSO secara signifikan mempengaruhi sektor perikanan, beberapa studi telah menunjukkan bahwa ENSO mempengaruhi perikanan secara langsung maupun tidak langsung, melalui adanya perubahan konsentrasi klorofil-a sebagai sumber makanan (Prasetyo & Suwarso, 2010), potensi area sebaran ((Nurkhairani *et al.,* 2018), produksi tangkap dan CPUE (Kasim *et al*., 2011) dan perubahan musim penangkapan (Puspasari *et al*., 2021). Kajian ini bertujuan untuk menganalisis adanya pengaruh kejadian ENSO terhadap kondisi lingkungan perairan dan perikanan karang dan pelagis kecil di Laut Sulawesi Utara. Hasil riset ini dapat bermanfaat sebagai dasar pengambilan kebijakan untuk mitigasi dampak variasi iklim terhadap perikanan karang, khususnya pengaturan upaya penangkapan ikan karang.

BAHAN DAN METODE

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang terdiri dari: data perikanan dan data lingkungan perairan. Data perikanan meliputi data triwulanan produksi ikan serta jumlah kapal sebagai upaya penangkapan yang berbasis di Tempat Pendaratan Ikan Tradisional Sulawesi Utara yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik untuk periode tahun 2013-2016 (BPS, 2017). Data lingkungan meliputi data suhu permukaan laut, salinitas permukaan, suhu, salinitas kolom air dan klorofil-a dari https://marine.copernicus.eu/ dan data curah hujan dan angin dari https://dataonline.bmkg.go.id/home, serta data indikator kejadian ENSO menggunakan Ocean Nino Index (ONI) yang diambil dari https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

Analisis Data

Korelasi Sederhana

Korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan keeratan antara dua variable yang ditandai dengan "r", dengan rumus (Sugiono, 2004):

$$\frac{n\left(\sum xy\right)-\left(\sum x\sum y\right)}{\sqrt{\left\{n\sum x^2-\left(\sum x\right)^2\right\}-\left\{n\sum y^2-\left(y\right)^2\right\}}} \quad \text{.....(1)}$$

dengan r koefisien korelasi; x variabel 1; y variabel 2 dan n jumlah data.

Dalam kajian ini dilakukan korelasi antara beberapa variabel yang berperan sebagai varibel terikat (y) yaitu nilai CPUE, produksi dan jumlah upaya, sedangkan varibel bebas yang digunakan adalah beberapa varibel lingkungan perairan yang berperan sebagai variabel bebas (x) yaitu temperature, salinitas, klorofil-a, curah hujan dan kecepatan angin.

Regresi Berganda

Hubungan antara produksi ikan/nilai CPUE dan jumlah upaya dengan faktor yang mempengaruhinya digunakan analisis fungsi produksi Cobb Douglas (Limbong *et al*., 2017). Persamaan model Cob Douglas adalah:

$Y - aX_1^{b1}X_2^{b2}.....X_n^{bn}$ dan bentuk linear menjadi

$$LnY = Lna + b_1Ln(X_1) + b_2Ln(X_2) + ...b_nLn(X_n) \text{ ..(2)}$$

Dimana:
Y = produksi/CPUE/jumlah upaya
X = temperatur, salinitas, klorofil-a, curah hujan dan kecepatan angin.

Dengan Y produksi dan X faktor yang mempengaruhi produksi. Besarnya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dengan melihat nilai koefisien determinasi (R^2). Untuk melihat pengaruh variabel X secara bersama-sama pada variabel Y dilakukan dengan uji F dan uji T digunakan untuk mengetahui pengaruh secara parsial variabel X terhadap variabel Y.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Analisis selanjutnya adalah analisis *Weighted Least Square* (WLS). Metode WLS merupakan bentuk pengembangan dari OLS dengan menambahkan fungsi pembobot. Beberapa keunggulan WLS antara lain memiliki kemampuan untuk mempertahankan sifat efisiensi estimatornya tanpa harus kehilangan sifat bias dan kekonsistensinya, memberikan solusi yang lebih akurat dari OLS dengan meminimalkan pengaruh pencilan (Munawwir, 2014) dan digunakan ketika data dirasa kurang handal (Basri, 2020). Metode WLS diperoleh dengan meminimumkan:

$$\sum \varepsilon_i^2 = \sum w_i \left(Y_i - \beta_0^* - \beta_1^* X_{1i} - \beta_2^* X_{2i} - \ldots - \beta_k^* X_{ki}\right)^2 \quad \ldots(3)$$

dengan w_1 pembobot dan $\beta_0^*, \beta_1^*, \beta_2^*, \ldots\ldots \beta_k^*$ penduga kuadrat terkecil tertimbang.

Model regresi yang dihasilkan pada proses regresi pertama disebut dengan Model 1, pada tahap selanjutnya dilakukan regresi ulang hanya pada variabel yang signifikan sehingga menghasilkan nilai r^2 yang lebih tinggi model yang dihasilkan kemudian disebut Model 2, kemudian tahapan ini terus dilakukan berulang menghasilkan Model 3 dan seterusnya hingga semua variabel signifikan**.**

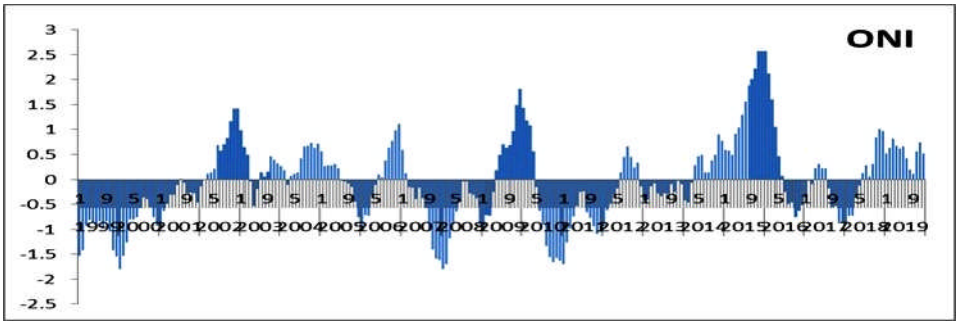
Analisis berikutnya adalah analisis pengukuran berulang dilakukan, dengan tujuan untuk melihat dampak dari setiap kondisi ENSO yaitu El Nino dan La Nina terhadap produksi perikanan dan CPUE ikan karang. Analisis pengukuran berulang ini merupakan Generalize Linear Model (GLM) yang merupakan model multivariate. Penggunaan model ini dalam bidang ekologi dan perikanan telah dilakukan oleh William & Taylor (2003) dan Marchal (2008). Analisis pengukuran berulang menghasilkan plot dari data untuk membandingkan setiap kelompok jenis ikan pada setiap kejadian/even, pada studi ini kejadian yang diuji adalah kondisi normal, kondisi saat terjadi El Nino dan kondisi saat terjadi La. Nina.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Pengaruh ENSO Terhadap Perubahan Variabel Lingkungan

Nilai ONI (*Ocean Nino Index*), menunjukkan pola kejadian ENSO yang berfluktuatif. Selama periode 21 tahun (1999 – 2019) teridentifikasi 10 kali terjadi fase La Nina dan 8 kali fase El Nino, dengan kekuatan bervariasi dari lemah hingga super kuat (Gambar 1).



Gambar 1. Nilai Ocaen Nino Index (ONI) di perairan Indonesia 1999-2019.
Figure 1. Ocaen Nino Index (ONI) value in Indonesian waters 1999-2019.

Hasil analisis korelasi nilai ONI dengan suhu perairan (akumulasi pada kedalaman 0,5 – 100 m), salinitas pada kedalaman 0,5 – 100 m, curah hujan dan kecepatan angin serta konsentrasi klorofil-a, menunjukkan bahwa ENSO berkorelasi kuat dengan variabel suhu perairan, salinitas dan konsentrasi klorofil-a, sedangkan untuk curah hujan dan kecepatan angin tidak menunjukkan adanya korelasi yang signifikan (Tabel 1). Koefisien korelasi yang tinggi (corr. Coeff: > 0,854) antara anomali suhu perairan dan ONI menunjukkan bahwa ENSO memberikan pengaruh yang kuat terhadap suhu perairan Laut Sulawesi.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Tabel 1. Korelasi index ONI dengan variable lingkungan
Table 1. Correlation index of ONI and environmental variables

Variabel	T0	T1	T2	T3
	ONI	ONI	ONI	ONI
ONI	1.000	1.000	1.000	1.000
Curah hujan	-0.262	-2.66	-0.232	-0.247
kec. Angin	0.003	0.025	0.006	-.056
Anomaly T	-0.867**	-0.898	-0.888**	0.854**
Salinity	0.629**	0.659**	0.673**	0.707**
Klo-a	0.671**	0.629**	0.602**	0.550**

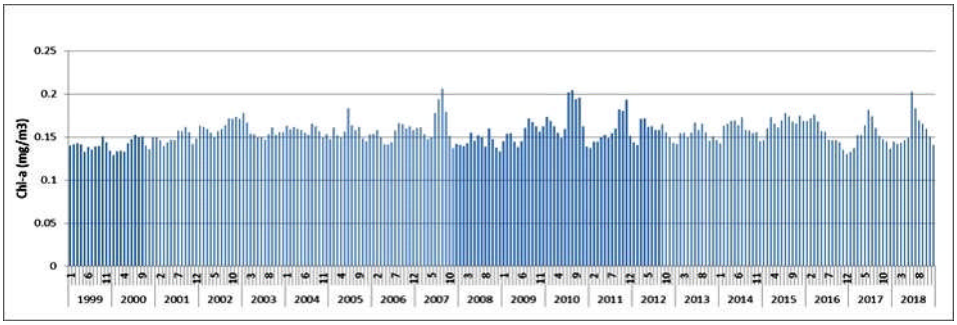
T0 = analisis dilakukan tanpa ada jeda waktu
T1 = analisis dilakukan dengan jeda waktu 1 bulan
T2 = analisis dilakukan dengan jeda waktu 2 bulan
T3 = analisis dilakukan dengan jeda waktu 3 bulan

Lamanya dampak kejadian ENSO terhadap variabel lingkungan dilakukan dengan korelasi jeda waktu antara nilai ONI dengan variabel lingkungan pada jeda waktu 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan setelah kejadian ENSO di zona Nino 3.4 (Tabel 1). Nilai korelasi antara ONI dengan suhu, salinitas dan klorofil-a signifikan hingga tiga bulan setelah peristiwa ENSO di zona Nino 3.4. Hasil ini diperkuat dengan analisis pengukuran berulang (*repeated measure analysis*) yang menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara waktu yang bersamaan dengan jeda waktu tiga bulan setelahnya (Lampiran 1).

Variabel kecepatan angin dan curah hujan tidak terlihat berpengaruh signifikan, karena disebabkan oleh lokasi pengambilan data hanya diambil dari satu stasium maritime BMKG Bitung. Data ini tidak dapat mewakili kondisi yang sebenarnya dari nilai curah hujan dan kecepatan angin di Laut Sulawesi. Beberapa studi mengenai dampak ENSO terhadap curah hujan di Sulawesi Utara menunjukkan bahwa curah hujan di Sulawesi Utara sangat dipengaruhi oleh kejadian ENSO di Nino 3,4 (Prasetyo & Pusparini, 2018; Sukarasa, 2014).

Pengaruh Variasi Lingkungan dan ENSO Terhadap Konsentrasi Klorofil-a

Konsentrasi klorofil-a digunakan sebagai indikator tingkat kesuburan suatu perairan dan menjadi dasar rantai makanan, yang dapat mendukung tingkat trofik di atasnya. Pola sebaran temporal klorofil-a di perairan Laut Sulawesi berfluktuasi berdasarkan musim, dengan beberapa anomali terjadi pada waktu-waktu tertentu (Gambar 2).



Gambar 2. Sebaran temporal klorofil-a di perairan Laut Sulawesi.
Figure 2. Temporal distribution of chlorophyll-a in the Sulawesi Sea.

Anomali konsentrasi klorofil-a yang tinggi terjadi pada 2007, 2010, 2011 dan 2018, sementara anomali rendah terjadi pada 2000 dan 2016. Kejadian anomali klorofil-a baik tinggi atau rendah sebagian besar terkait dengan periode La Nina, namun tidak mengikuti kekuatan dari skala ONI. Dari berbagai kondisi tersebut dapat disimpulkan bahwa konsentrasi klorofil-a tidak secara langsung terkait dengan kejadian ENSO.

Hasil analisis WLS menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a secara signifikan ditentukan oleh beberapa variable lingkungan secara simultan (Tabel 2).

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Tabel 2. Hasil analisis regresi hubungan klrofil-a dengan variable lingkungan perairan.
Table 2. Results of regression analysis of the relationship between chlorophyll-a and water environment variables

Parameter	Koefisien	T test	Sig	F test	R^2
(Constant)	41.229	2.207	0.055	27.590	0.948
Salinitas permukaan	19.313	2.942	0.016	Sig (0.000)	
Temperatur permukaan	3.382	1.505	0.167		
Salinitas kolom air	-30.518	-2.791	0.021		
Temperatur kolom air	-4.424	-3.402	0.008		
Curah Hujan	-0.032	-2.627	0.027		
Angin	0.067	0.882	0.401		

Tabel 2 menunjukkan bahwa salinitas permukaan dan kolom air, suhu permukaan dan curah hujan merupakan variabel yang mempengaruhi konsentrasi klorofil-a. Variabel salinitas kolom air merupakan varibel yang memberikan pengaruh paling besar terhadap konsentrasi klorofil-a dengan pengaruh negatif, artinya ketika salinitas turun, maka konsentrasi klorofil-a akan naik. Persamaan hasil WLS adalah

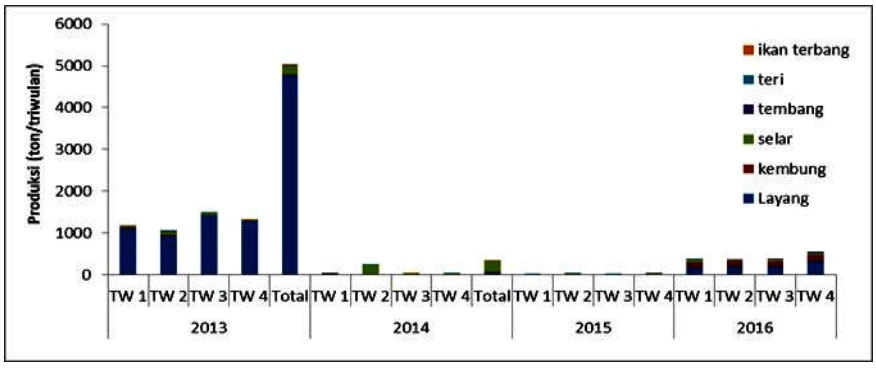
$$\ln Y = 41{,}229 + 19{,}313 \ln Y1 + 3{,}382 \ln X2 - 30{,}518 \ln X3 - 4{,}424 \ln X4 - 0{,}032 \ln X5 + 0{,}067 \ln X6$$

Y = klorofil –a
x1 = salinitas permukaan
x2 = temperatur permukaan
x3 = salinitas kolom air
x4 = temperatur kolom air
x5 = curah hujan
x6 = kecepatan angin

Salinitas kolom air yang rendah diduga terjadi karena adanya peningkatan masukan air tawar ke laut dan mempengaruhi salinitas pada lapisan bawah (*sub-surface*). Masa air yang datang dari sungai masuk ke laut melalui lapisan bawah karena berat jenis air laut yang lebih rendah dari air tawar. Masukan air tawar dari sungai biasanya membawa banyak nutrien terlarut dari aktivitas antropogenik yang dapat memicu pertumbuhan fitoplankton pada kondisi penyinaran matahari yang baik.

Pngaruh Variabel Lingkungan dan ENSO Terhadap CPUE Ikan Pelagis Kecil

Kajian dilakukan berdasarkan data produksi ikan Propinsi Sulawesi Utara yang ditampilkan dalam akumulasi setiap triwulan (TW: Triwulan 1/TW1; Triwulan 2/TW2; Triwulan 3/TW3 dan Triwulan 4/TW4) (BPS, 2017). Terdapat enam jenis ikan pelagis kecil yang dominan didaratkan, yaitu ikan layang, kembung, selar, tembang, teri dan ikan terbang (Gambar 3). Ikan layang mendominasi hasil tangkapan ikan pelagis kecil (85%) diikuti ikan kembung (5%), selar (1%) dan jenis lainnya kurang dari 1%.



Gambar 3. Produksi ikan pelagis kecil di Sulawesi Utara.
Figure 3. Production of small pelagic fish in North Sulawesi.

Analisis hubungan nilai CPUE ikan pelagis kecil dengan kondisi lingkungan perairan menunjukkan bahwa secara partial terlihat bahwa variabel salintas permukaan, angin dan klorofil-a yang signifikan berpengaruh, dengan salinitas permukaan merupakan variabel yang paling berpengaruh dengan hubungan yang positif. Sedangkan curah hujan bisa berpengaruh negatif pada taraf nyata 10% (Tabel 3).

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Tabel 3. Hasil analisis regresi hubungan CPUE ikan pelagis kecil dengan variable lingkungan perairan
Table 3. Results of regression analysis of the relationship between CPUE of small pelagic fish and water environment variables

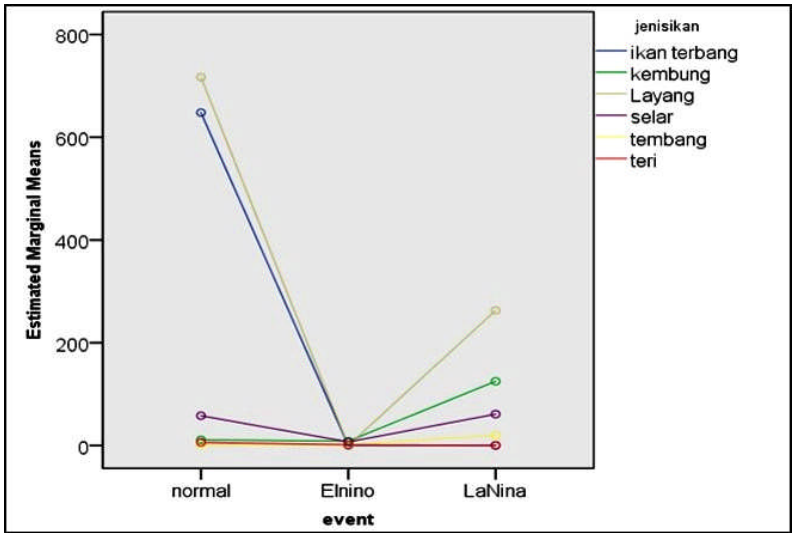
Parameter	Koefisien	T Test	Sig.	F Test	R^2
Konstanta	-90.074	-0.156	0.88	243.296	0.995
Salinitas permukaan	**664.043**	**4.829**	**0.001****		
temperatur pemukaan	-93.156	-1.434	0.189		
Salinitas kolom air	-495.64	-2.039	0.076		
temperatur kolom air	-75.577	-1.449	0.185		
Curah Hujan	-0.467	-2.227	**0.057***		
Angin	**-10.951**	**-5.302**	**0.001****		
klorofil-a	**-39.02**	**-10.64**	**0****		

Ikan pelagis kecil menempati posisi trofik yang rendah dalam rantai makanan. Beberapa jenis ikan pelagis seperti tembang merupakan ikan pemakan plankton, namun ada juga ikan pelagis kecil yang bersifat karnivor. Untuk melihat keterkaitan setiap jenis ikan dengan konsentrasi klorofil-a, maka dilakukan analisis korelasi Pearson. Tabel 4 menunjukkan bahwa produksi ikan tembang (*S. fimbriata*) memiliki nilai korelasi tertinggi dengan klorofil-a, karena ikan tembang merupakan pemakan fitoplankton (Asriyana *et al.*, 2004).

Tabel 4. Korelasi antara konsentrasi klorofil-a dengan hasil tangkapan ikan pelagis kecil
Table 4. Correlation of chlorophyll-a with catch of small pelagic species

	Klorofil-a	
Jenis ikan	**koeff. Corr**	**Sig. (2-tailed)**
Layang	-0.246	0.418
kembung	-0.321	0.225
Selar	0.088	0.747
Tembang	**-.739****	0.006
Teri	-0.035	0.909
Ikan terbang	-0.838	0.367

Hasil analisis pengukuran berulang menunjukkan, bahwa terdapat perbedaan signifikan hasil tangkapan ikan pelagis kecil pada setiap peristiwa ENSO yang dibandingkan (sig. test: 0,002). Hasil tangkapan ikan pelagis kecil berbeda nyata pada periode El Nino dan La Nina, sementara periode normal tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan La Nina dan El Nino (sig. test: 0,007) (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil analisis pengukuran berulang untuk membandingkan kondisi CPUE ikan pelagis kecil pada setiap kejadian.
Figure 4. Results of the repeated measured analysis to compare the CPUE conditions of small pelagic fish in each event.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Pengaruh Variabel Lingkungan dan ENSO Terhadap CPUE Ikan Karang

Perubahan variable lingkungan sebagai dampak dari kejadian ENSO juga mempengaruhi kondisi sumber daya ikan karang, walaupun ikan karang merupakan ikan predator yang tidak secara langsung terkait dengan perubahan konsentrasi klorofil. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa produksi ikan karang di perairan Sumatera Barat menunjukkan tren yang meningkat pada periode la Nina (Puspasari *et al.,* 2015).

Hasil analisis regresi variable lingkungan perairan yang perubahannya dipengaruhi oleh ENSO dengan nilai CPUE ikan karang, menunjukkan bahwa secara nyata hasil tangkapan ikan karang di Sulawesi dipengaruhi oleh besarnya jumlah upaya, sementara faktor lainnya tidak berpengaruh signifikan (model 1). Namun demikian pada tahap analisis selanjutnya varibel upaya dihilangkan dalam analisis karena nilai CPUE sendiri memang dihitung dari besarnya nilai upaya, sehingga dapat terlihat pengaruh variable lingkungan yang sesungguhnya terhadap nilai CPUE (model 2). Uji varibel lingkungan terhadap nilai CPUE dilakukan tiga kali secara bertahap dengan memilih variable yang signifikan, untuk kemudian diujikan lagi untuk mencari model yang paling signifikan pengaruhnya (model 3 dan 4) (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil uji variable lingkungan terhadap CPUE menggunakan metode ordinary least squares (OLS)
Table 5. Results of the environmental variable test on CPUE using the ordinary least squares (OLS)

Variabel	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Jumlah kapal	0,608*			
Suhu permukaan laut		-52,539**	23,236*	-16,67 ns
Salinitas permukaan laut		214,525**	221,806**	189,377**
Suhu kolom air		23,712ns		
Salinitas kolom air		-219,427*	-275,613	-245,776**
Kecepatan angin	0,251	-1,784*	695 ns	
Curah hujan	0,052	-183 ns		
sig. of test	0,1	0,1	0,1	0,05
R^2	0,812	0,82	0,857	0,843

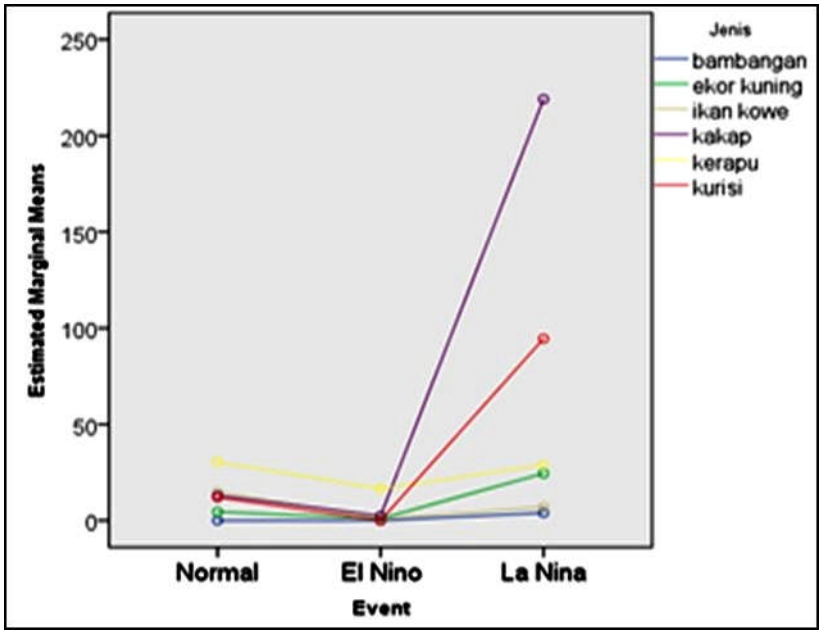
Hasil analisis menunjukkan variabel salinitas merupakan variabel yang berpengaruh secara signifikan terhadap CPUE ikan karang, baik salinitas permukaan maupun salinitas kolom air, namun demikian karena ikan karang merupakan jenis ikan yang hidup di dasar perairan, maka varibel yang dianggap paling mempengaruhi hasil tangkapan adalah nilai salinitas kolom air.

Untuk melihat dampak kejadian ENSO terhadap hasil tangkapan maka dilakukan analisis pengukuran berulang (repeted measure analysis). Pada analisis ini dibandingkan nilai CPUE setiap jenis ikan yang diamati pada tiga periode waktu, yaitu ketika kondisi normal, El Nino dan La Nina. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil tangkapan ikan pada periode La Nina berbeda nyata dengan hasil tangkapan ikan pada periode normal dan tidak berbeda nyata dengan periode lainnya (sig test: 0,05). Hal ini menunjukkan bahwa La Nina mempengaruhi hasil tangkapan ikan karang. Dari hasil analisis lebih lanjut terlihat bahwa pada periode La Nina terdapat peningkatan hasil tangkapan yang signifikan pada beberapa jenis ikan yaitu ikan kakap, kurisi dan ekor kuning (Gambar 5).

Pengaruh Variasi Lingkungan Terhadap Upaya Penangkapan

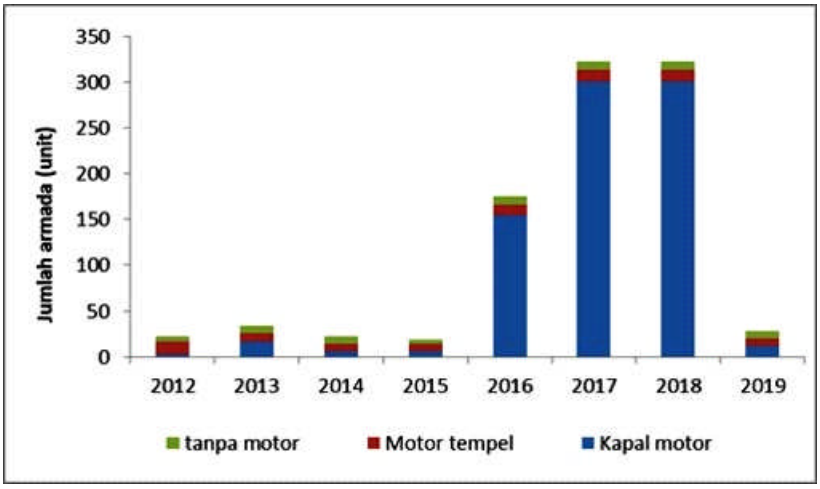
Perikanan karang di Sulawesi Utara didominasi oleh perikanan skala kecil dan tradisional. Armada skala kecil di Sulawesi Utara didominasi oleh kapal motor, perahu dengan motor tempel menyusun 26,9% sedangkan perahu tanpa motor menyusun 19,7% dari total armada skala kecil (Gambar 6). Kapal motor tidak digunakan dalam analisis CPUE ikan karang, karena banyak dari kapal motor digunakan untuk menangkap ikan pelagis besar seperti tuna ke perairan yang cukup jauh.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)



Gambar 5. Hasil analisis pengukuran berulang untuk membandingkan kondisi CPUE ikan karang pada setiap kejadian.

Figure 5. Results of the repeated measured analysis to compare the CPUE of reef fish conditions in each event.



Gambar 6. Perkembangan armada tangkap skala kecil di Sulawesi Utara.

Figure 6. Development of small-scale fishing fleets in North Sulawesi.

Upaya penangkapan ikan karang merupakan upaya penangkapan tradisional yang sangat bergantung pada kondisi lingkungan perairan dan berdasarkan pengetahuan lokal yang dimiliki. Hasil analisis regresi secara bertingkat pada variabel lingkungan terhadap upaya penangkapan menunjukkan bahwa varibel yang paling berpengaruh adalah nilai salinitas kolom perairan dengan hubungan yang negatif, artinya upaya penangkapan ikan karang akan meningkat ketika terjadi penurunan salinitas kolom air (Table 6). Hasil senada dengan hasil analisis CPUE dimana nilai CPUE ikan karang sangat dipengaruhi oleh kondisi salinitas perairan. Apabila penurunan salinitas dikaitkan dengan peningkatan masukan air tawar dari daratan, maka dapat diduga bahwa nelayan menjadikan acuan kondisi hujan sebagai salah satu faktor pendorong dalam manangkap ikan.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Tabel 6. Model hubungan upaya penangkapan dengan variable lingkungan
Table 6. The relationship models of fishing effort and environmental variables

Variabel	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Salinitas permukaan	192,009**	209,509**	173,155**	215,906**
Temperatur permukaan	-45,945**	-20,784**	-13,431**	-41,149*
Salinitas sub surface	-209,148**	-276,691**	-243,243**	-246,880**
Temperatur sub surface	19,209			12,412
Curah hujan	-0,064			-108
Angin	-1,538**	-779		-1.460*
Chl-a				-1,516
sig. of test	0,01	0,000	0,000	0,003
R^2	0.873	0,825	0,791	0,884

Tabel 6 menunjukkan hubungan upaya penangkapan ikan karang dengan variabel lingkungan perairan, dimana upaya penangkapan menggunakan jumlah motor tempel dan tanpa motor yang melakukan penangkapan ikan. Model 1, 2 dan 3 merupakan hubungan upaya penangkapan dengan variabel lingkungan suhu dan salinitas baik di permukaan dan kolom air, curah hujan dan kecepatan angina yang diurutkan berdasarkan nilai signifikansi dari tes. Ketiga model tersebut merupakan tahapan regresi untuk mendapatkan model dengan variabel dependen yang signifikan. Sedangkan untuk model 4 merupakan hubungan upaya penangkapan ikan karang dengan variabel lingkungann dan ditambahkan dengan variabel klorofil-a.

Bahasan

Hasil analisis dampak ENSO terhadap kondisi lingkungan menunjukkan bahwa ketika fenomena El Nino, suhu perairan Laut Sulawesi menurun, sedangkan ketika La Nina salinitas perairan turun yang ditandai dengan hubungan positif antara ONI dan salinitas kolom air. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa ENSO mempengaruhi curah hujan di perairan Indonesia (Prasetyo & Pusparini, 2018). Ketika salinitas perairan cenderung rendah, diduga pada saat itu terjadi peningkatan masukan air tawar ke laut. Masukan air tawar dari sungai biasanya membawa banyak nutrien terlarut dari aktivitas antropogenik, sehingga dapat memicu pertumbuhan fitoplankton pada kondisi penyinaran matahari yang baik. Pertumbuhan fitoplankton yang pesat akan meningkatkan konsentrasi klorofil-a di perairan. Nilai ONI juga menunjukkan korelasi positif dengan konsentrasi klorofil-a, yang mengindikasikan terjadinya peningkatan konsentrasi klorofil-a ketika terjadi El Nino, namun demikian hasil analisis regresi antara klorofil-a dengan variable lingkungan menunjukkan bahwa konsentrsai klorofil-a diperairan Laut Sulawesi dipengaruhi oleh nilai salinitas, suhu dan curah hujan secara simultan.

Peningkatan konsentrasi klorofil-a pada periode La Nina diikuti oleh meningkatkan kelimpahan ikan pemangsa fitoplankton, yaitu ikan tembang dan sejenisnya. Hal ini terlihat dari nilai korelasi antara ikan tembang dan konsentrasi klorofil-a yang tinggi dengan hubungan yang negatif, yang diduga adanya pemangsaan terhadap klorofil-a oleh ikan tembang. Ikan tembang merupakan ikan pemakan fitoplankton sehingga ketika konsentrasi klorofil-a tinggi maka akan memicu terjadinya pemangsaan oleh ikan tembang (Asriyana *et al*., 2004). Peningkatan konsentrasi klorofil-a menandakan tingginya ketersediaan makanan bagi ikan-ikan pelagis pemakan plankton, yang dapat memicu migrasi untuk mencari makan (*feeding migration*). Peningkatan kelimpahan ikan pelagis kecil di suatu periode tertentu menjadi sumber makanan bagi ikan karang, yang meningkatkan predasi.

Kelimpahan ikan karang secara signifikan dipengaruhi oleh variable lingkungan yang berasosiasi dengan ENSO, yaitu salinitas. Hasil analisis hubungan CPUE dengan variabel lingkungan menunjukkan bahwa nilai salinitas kolom air memberikan respon negatif terhadap nilai CPUE, yang artinya ketika nilai salinitas turun maka CPUE cenderung naik. Pada periode La Nina nilai salinitas kolom air cenderung mengalami penurunan, yang terkait dengan meningkatnya curah hujan di perairan Indonesia termasuk wilayah Sulawesi (Prasetyo dan Pusparini, 2018). Meningkatnya hasil tangkapan ikan ketika periode La Nina juga terjadi pada ikan karang di daerah Barat Sumatera (Puspasari *et al.,* 2015). Peningkatan CPUE ketika terjadi penurunan salinitas diduga terkait dengan meningkatnya ketersediaan makanan ikan karang yaitu ikan tembang pada periode tersebut yang dipicu oleh tingginya konsentrasi klorofil-a. Dugaan kedua adalah peningkatan suhu perairan pada saat La Nina dapat memicu naiknya metabolisme tubuh ikan karang, yang menyebabkan naiknya tingkat pemangsaan ikan karang, sehingga mudah untuk ditangkap. Menurut Affandi & Tang (2017), peningkatan

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

suhu perairan berdampak pada meningkatnya laju metabolisme ikan, suhu tinggi juga meningkatkan laju pemangsaan (Allan *et al.*, 2018). Kombinasi meningkatnya ketersediaan sumberdaya makanan dan metabolisme yang tinggi, menyebabkan laju pemangsaan ikan karang menjadi tinggi, dan memberikan respon yang baik pada umpan pancing. Kondisi ini menjelaskan tingginya hasil tangkapan ikan karang pada periode La Nina.

Walaupun hasil tangkapan ikan karang dipengaruhi oleh kondisi La Nina, dan pada saat terjadi La Nina meningkatkan curah hujan, namun demikian variable curah hujan dan suhu perairan nampaknya tidak mempengaruhi hasil tangkapan ikan karang secara langsung. Kondisi ini telah dibahas sebelumnya bahwa data curah hujan yang diperoleh hanya berasal dari satu stasiun pengamatan saja yaitu stasiun maritim Bitung, yang posisinya berada di sekitar Selat Lembeh yang tidak masuk ke dalam kawasan Laut Sulawesi. Hasil tangkapan karang juga nampak tidak dipengaruhi oleh kenaikan suhu perairan secara tunggal, namun kenaikan CPUE ikan karang dipengaruhi oleh variable suhu dan salinitas secara simultan.

Peningkatan hasil tangkapan ikan karang pada periode La Nina menunjukkan adanya dampak positif dari fenomena iklim ekstrim di Indonesia. Meningkatnya hasil tangkapan ikan karang ketika suhu perairan menghangat merupakan suatu dampak positif bagi nelayan dari sisi ekonomi, namun demikian hal ini perlu juga mendapat perhatian untuk keberlanjutan sumber daya, jika frekuensi iklim ekstrim semakin sering terjadi (McPhaden *et al*., 2020). Ikan karang termasuk ke dalam kelompok ikan berumur panjang dan mempunyai pertumbuhan yang lambat. Berdasarkan Keputusan Menteri/KEPMEN KP NO 50 tahun 2017 tentang potensi sumber daya ikan, tingkat pemanfaatan ikan karang di wilayah Laut Sulawesi (WPP NRI 716) telah mencapai kondisi lebih tangkap dengan nilai pemanfaatan sebesar 1,45. Menurut ketentuan pengaturan penangkapan, apabila tingkat pemanfaatan sudah lebih dari satu, maka sudah perlu dilakukan pengurangan upaya penangkapan.

Berdasarkan skenario proyeksi model iklim, fenomena ENSO telah mengalami perubahan dalam siklusnya. Kondisi ekstrim akibat ENSO akan semakin kuat dan meningkat frekuensi kejadiannya (McPhaden *et al*, 2020). Apabila kondisi ini dikaitkan dengan dampak ENSO terhadap perikanan karang di perairan Sulawesi Utara, maka peningkatan frekuensi ENSO akan berdampak pada peningkatan eksploitasi sumber daya ikan karang. Pada kondisi skenario perubahan iklim yang paling buruk, ketika suhu perairan terus mengalami peningkatan, maka ikan-ikan yang melakukan migrasi akan bermigrasi ke daerah lintang tinggi, pada saat ini jumlah mangsa bagi ikan karang menjadi jauh berkurang, sehingga terjadi kondisi sebaliknya, dimana pada suhu yang semakin meningkat, ikan-ikan karang dewasa akan menekan laju pemangsaannya (Scott *et al.,* 2017). Kondisi ini perlu diantisipasi dengan pengelolaan perikanan yang tepat dan melakukan berbagai upaya mitigasi dan adaptasi di sektor perikanan ikan karang agar sektor perikanan ini dapat berkelanjutan dan menekan dampak negatifnya bagi komunitas masyarakat nelayan yang menangkap ikan karang yang umumnya merupakan nelayan tradisional.

KESIMPULAN

Fenomena ENSO berkorelasi dengan perubahan nilai anomali suhu perairan, salinitas dan konsentrasi klorofil-a. Fenomena ENSO menyebabkan peningkatan pada nilai CPUE ikan karang dan pelagis kecil, ketika saat periode La Nina. Dampak positif periode ENSO terhadap perikanan perlu mendapat perhatian dalam bentuk pengelolaan yang terarah, untuk menghindari meningkatnya eksploitasi ketika periode La Nina terjadi tentu dengan mempertingam status stok sumber daya ikannya.

PERSANTUNAN

Kajian ini dilaksanakan atas kerjasama Pusat Riset Perikanan dengan Rare Indonesia. Pendanaan dari pelaksanaan kegiatan ini sepenuhnya dari Rare Indonesia. Reny Puspasari dan Setiya Triharyuni merupakan kontributor Utama.

DAFTAR PUSTAKA

Asriyana, Sulistiono., & Rahardjo, M.F. (2004).Kebiasaan makanan ikan tembang, Sardinella fimbriata Val. (Fam. Clupeidae) di perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 4 (1): 43-50. https://doi.org/10.32491/jii.v4i1.256.

Affandi , R. dan U.M. Tang. 2017. Fisiologi Hewan Air. Intimedia Malang. 213 hlm

Basri, H. (2020). Pemodelan regresi WLS untuk data dalam studi kecerdasan emosional. *Educhild*, 2 (2): 13-36. https://jurnal.iain-bone.ac.id/index.php/yaabunayya/article/view/1315/811

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

BPS. (2017). Statistik Produksi Perikanan yang Didaratkan di Pangkalan Pendaratan Ikan 2013-2015. *Badan Pusat Statistik, Jakarta*, 261 hal

Fadlan, A., Sugianto, D.N, Kunarso., & Zainuri, M. (2017) Pengaruh fenomena monsun, El Niño Soithern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap anomali tinggi muka laut di Utara dan Selatan Pulau Jawa. *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Ke-VI*, pp. 205-217.

Kasim, K., Widodo, A.A. & Prasetyo, A.P. (2011). Pengaruh Episode La Nina dan El Nino Terhadap Produksi Beberapa Pelagis Kecil Yang Didaratkan di Pantai Utara Jawa. *J. Lit. Perikan. Ind*. 17 (4): 257-264. DOI: 10.15578/jppi.17.4.2011.257-264

Kemili, P., & M.R. Putri. (2012). Influences of upwelling duration and intensity based on sea surface temperature anomaly toward primary productivity variability in Indonesian waters. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 4, No. 1, Hlm. 66-79. https://doi.org/10.29244/jitkt.v4i1.7807

Keputusan Menteri Keluatan Dan Perikanan Republik Indonesia No 50/Kepmen-Kp/2017 Tentang Estimasi Potensi, Jumlah Tangkapan Yang Diperbolehkan Dan Tingkat Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.

Limbong, I., E.S. Wiyono & R. Yusfiandayani. (2017). Factor Affecing the Production of Purse Seine Unit in Fishing Base Sibolga Fishing Port, North Sumatera. ALBACORE I (1): 089-097. file:///C:/Users/Setiya%20Triharyuni/Downloads/16242-Article%20Text-48816-1-10-20170427.pdf

Marchal, P. (2008). A comparative analysis of métiers and catch profiles from some French demersal and pelagic fleets. *ICES Journal of Marine Science*, 65(4), 674–686. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn044.

McPhaden, M. J., Santoso, A., & W. Cai (2020), Advancing knowledge of ENSO in a changing climate, Eos, 101, https://doi.org/10.1029/2020EO151271. Published on 09 November 2020.

Munawwir, A. (2014). Estimasi parameter model regresi menggunakan metode Weighted Least Square (WLS) dengan fungsi pembobot Huber. *Skripsi*. Fakultas CSains dan Teknologi UIN Malang, 95 hal

Nurkhairani, Y., Supriatna., & Susiloningtyas, D. (2018). Wilayah potensi ikan pelagis pada variasi kejadian ENSO dan normal di Selat Sunda. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 2 (1),52-63. http://dx.doi.org/10.7454/jglitrop.v2i1.32

Prasetyo, A. P. & Suwarso. 2010. Produktivitas primer dan kelimpahan ikan layang (Decapterus spp.) hubungannya dengan fenomena el nino southern oscillation di Selat Makassar bagian selatan. *Marine Fisheries*. 1 (2) November: 159-168. https://doi.org/10.29244/jmf.1.2.47-56

Prasetyo, B. & N. Pusparini. (2018). Pengaruh central El Niño Pasifik Tengah dan Timur terhadap variabilitas curah hujan di Sulawesi. *Jurnal Sains Dirgantara* 15(2): 73—84. http://dx.doi.org/10.30536/j.jsd.2018.v15.a2864

Puspasari R., Rahmawati P.F. & Prianto E. 2021. The Effect of ENSO (El Nino Southern Oscillation) phenomenon on Fishing Season of Small Pelagic Fishes in Indonesia Waters. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 934 (2021) 012018. doi:10.1088/1755-1315/934/1/012018.

Puspasari, R., P. Rahmadi, P. F. Rahmawati & A.S. Samu-Samu. (2015). Interaksi variabilitas iklim dengan ekosistem terumbu karang dan sumber daya ikan karang. *J.Lit.Perikan.Ind*. 21 (4): 211-220. http://dx.doi.org/10.15578/jppi.21.4.2015.211-220

Rahman, M.A., M. Laksmini S., M. U. K. Agung & Sunarto. (2019). Pengaruh Musim Terhadap Kondisi Oseanografi Dalam Penentuan Daerah Penangkapan Ikan Cakalang (Katsuwonus Pelamis) di Perairan Selatan Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* X(1): 92-102. https://jurnal.unpad.ac.id/jpk/article/view/23048/11249

Scott M, Heupel M., Tobin A., & Pratchett M., (2017). A large predatory reef fish species moderates feeding and activity patterns in response to seasonal and latitudinal temperature variation. Scientific reports 7(1). www.nature.com/scientificreports. DOI: 10.1038/s41598-017-13277-4

Seprianto, A., Kunarso., & Wirasatri-Ya, A. (2016). Studi pengaruh El Niño Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) terhadap variabilitas suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Karimunjawa. *Jurnal Oseanografi*, 5 (4), 452-461. http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)

Sugiono. (2004). Statistik Non Parametrik untuk penelitian, Penerbit CV.ALFABETA Bandung.

Sukarasa, I.K. (2014). Pengaruh Enso Terhadap Variabilitas Iklim di Sulawesi dengan Menggunakan Metode Trasformasi Wavelet. *Laporan Penelitian*. Fisika FMIPA, Universitas Udayana Denpasar Bali, 19 hal

WCS. (2021). Basis Data Perikanan Kerapu dan Kakap di Sulawesi Utara. http://data-ikan.org/sulut_demersal/index.php, di unduh 17 Agustus 2021: 10.42 PM.

William, L. R., & Taylor, C. M. (2003). Influence of fish predation on as semblage structure of macroinvertebrates in an intermittent stream. *Transaction of the American Fisheries Society*, 132, 120–130. Retrieved from https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/5350.

Copyright © 2021, Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia (JPPI)