

ANALISIS PENGARUH FENOMENA *UPWELLING* TERHADAP JUMLAH TANGKAPAN IKAN DENGAN PENGAMATAN TEMPORAL CITRA *AQUA MODIS* (Studi Kasus : Selat Bali)

Hot Parningotan Banjarnahor^{*}), Andri Suprayogi, Nurhadi Bashit

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: parningotanbanjarnahor7@gmail.com

ABSTRAK

Perairan Selat Bali merupakan daerah di selatan khatulistiwa yang terletak diantara Pulau Jawa dan Pulau Bali. Perairan Selat Bali memiliki potensi sumber daya perikanan yang cukup tinggi. Kelimpahan dan persebaran ikan dipengaruhi oleh produktivitas lingkungan seperti sebaran konsentrasi klorofil-a dan variasi suhu permukaan laut. Produktivitas lingkungan dipengaruhi oleh fenomena pembalikkan massa air (*upwelling*) yang diakibatkan oleh pergerakan angin yang melewati Selat Bali. Pada umumnya lokasi penangkapan ikan akan berpindah-pindah mengikuti pergerakan kondisi lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari fenomena *upwelling* terhadap jumlah tangkapan ikan dengan pengamatan parameter suhu permukaan laut, klorofil-a, dan angin. Metode yang digunakan untuk pengamatan fenomena *upwelling* adalah dengan memanfaatkan hasil perekaman citra satelit yaitu citra *Aqua MODIS* dan data angin ASCAT. Data harian satelit *Aqua MODIS* dan ASCAT dikompilasi kedalam bentuk musiman menggunakan pemograman IDL untuk mendapatkan nilai rata-rata parameter *upwelling*. Hasil akhir dari penelitian ini berupa pola sebaran parameter *upwelling* serta nilai variabilitas setiap parameternya. Fenomena *upwelling* di Selat Bali terjadi pada musim Timur dan musim Peralihan II dengan puncak konsentrasi klorofil sebesar $1,870 \text{ mg/m}^3$ dan suhu rata-rata terendah $25,366^\circ\text{C}$ serta kecepatan angin tertinggi sebesar $8,808 \text{ m/s}$. Kategori *upwelling* yang terjadi di Selat Bali didominasi kategori medium yang terjadi pada bulan Mei sampai dengan November dengan luas $26.906 - 3.322,588 \text{ km}^2$. Hasil regresi polinomial menunjukkan koefisien determinasi yang berbeda-beda. Tahun 2016 koefisien determinasinya $0,0445$, dan $0,2847$ yang menunjukkan tingkat hubungan yang rendah, sedangkan tahun 2018 koefisiennya sebesar $0,6823$ dan $0,7513$ yang menunjukkan hubungan tinggi.

Kata kunci: Angin, *Aqua Modis*, Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut, *Upwelling*.

ABSTRACT

The waters of the Bali Strait are areas south of the equator, located between Java and Bali. The waters of the Bali Strait have a high potential for fishery resources. Fish abundance and distribution are influenced by environmental productivity such as the distribution of chlorophyll-a concentrations and variations in sea surface temperature. Environmental productivity is influenced by the upwelling phenomenon caused by the movement of wind through the Bali Strait. In general, fishing locations will move around following the movement of environmental conditions. The purpose of this study was to determine the effect of the upwelling phenomenon on the number of fish catches by observing parameters of sea surface temperature, chlorophyll-a, and wind. The method used for observing the upwelling phenomenon is to utilize the results of recording satellite imagery, namely Aqua MODIS imagery and Ascet wind data. Daily data on Aqua MODIS and ASCAT satellites are compiled into a seasonal form using IDL programming to get the average value of the upwelling parameter. The final results of this study in the form of the distribution pattern of upwelling parameters and the value of the variability of each parameter. The upwelling phenomenon in the Bali Strait occurred in the East and Transition II seasons with peak chlorophyll concentrations of $1,870 \text{ mg/m}^3$ and the lowest average temperature of $25,366^\circ\text{C}$ and the highest wind speed of $8,808 \text{ m/s}$. The upwelling category that occurred in the Bali Strait is dominated by the medium category which occurred in May to November with an area of $26.906 - 3.322,588 \text{ km}^2$. Polynomial regression results show different coefficients of determination. In 2016 the coefficient of determination was $0,0445$, and $0,2847$, which showed a low level of relationship, while in 2018 the coefficients were $0,6823$ and $0,7513$, which showed a high relationship.

Keywords: *Aqua Modis*, Chlorophyll-a, Sea Surface, Temperature, *Upwelling*, Wind.

^{*})Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perairan Selat Bali merupakan daerah di selatan khatulistiwa yang terletak diantara Pulau Jawa dan Pulau Bali. Selat Bali berbentuk seperti corong dengan mulut lebar sebesar 35 km menghadap Samudera Hindia dan bagian sempit disebelah utara sebesar 2,5 km menghadap Selat Madura dan Laut Jawa. Luas seluruh perairan Selat Bali diperkirakan mencapai 2500 km² (Ridha dkk., 2013).

Produktivitas di perairan Selat Bali tergolong tinggi dikarenakan terjadinya proses penaikan massa air (*upwelling*) yang terjadi disekitar akhir bulan April hingga permulaan Oktober. Aktivitas penangkapan ikan di Selat Bali belum dilakukan secara maksimal. Parameter lingkungan yang dipengaruhi oleh kejadian *upwelling* seharusnya dapat menjadi acuan dalam penangkapan ikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan kejadian *upwelling* di Selat Bali untuk mendapatkan waktu serta lokasi produktivitas lingkungan yang paling baik.

Fenomena *upwelling* tidak dapat diketahui secara langsung melalui pengamatan di wilayah perairan. Penelitian mengenai *upwelling* dilakukan dengan mengumpulkan nilai parameter secara berkala dalam waktu yang lama sehingga membutuhkan dana dan tenaga yang sangat besar. Salah satu metode yang tepat untuk meneliti kejadian *upwelling* adalah dengan memanfaatkan hasil perekaman citra satelit yaitu citra *Aqua* MODIS level 3 dan ASCAT level 3. Data penginderaan jauh dari satelit *Aqua* MODIS dapat digunakan untuk pengamatan nilai parameter klorofil-a, suhu permukaan laut, dan angin secara temporal. Data harian satelit *Aqua* MODIS dan ASCAT dikompilasi kedalam bentuk musiman menggunakan pemograman IDL untuk mendapatkan nilai rata-rata parameter *upwelling*. Rata-rata parameter *upwelling* kemudian dapat digunakan untuk memprediksi waktu serta lokasi kejadian *upwelling* di Selat Bali.

Penelitian dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh ini bertujuan untuk menganalisa waktu terjadinya fenomena *upwelling* dan persebarannya dengan parameter klorofil-a, suhu permukaan laut (SPL), dan angin serta untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produktivitas penangkapan ikan. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah meningkatnya efisiensi para nelayan dalam melakukan penangkapan ikan.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dinamika fenomena *upwelling* berdasarkan parameter klorofil-a, suhu permukaan laut, dan angin di Perairan Selat Bali dari tahun 2014-2018?
2. Bagaimana kriteria *upwelling* di Perairan Selat Bali secara musiman dari tahun 2014-2018?
3. Bagaimana Hubungan fenomena *upwelling* dengan produktivitas tangkapan ikan

berdasarkan parameter klorofil-a dan suhu permukaan laut di Perairan Selat Bali?

I.3 Tujuan dan Mamfaat Penelitian

I.3.1 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai sebaran parameter *upwelling* di Perairan Selat Bali tahun 2014-2018.
2. Mengetahui kriteria *upwelling* yang terjadi secara musiman di Perairan Selat Bali.
3. Mengetahui hubungan fenomena *upwelling* dengan produktivitas tangkapan ikan yang terjadi di Perairan Selat Bali.

I.3.2 Mamfaat

Mamfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

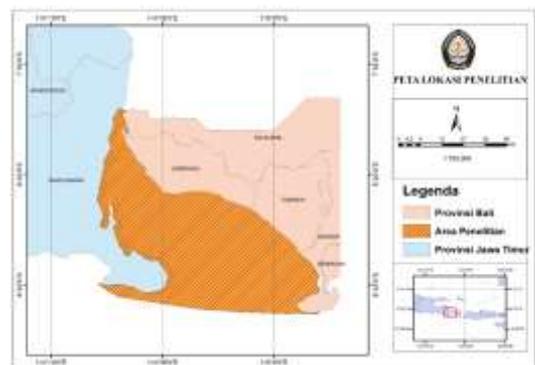
- A. Bidang Keilmuan
 1. Memberikan wawasan kepada mahasiswa mengenai aplikasi teknologi penginderaan jauh dalam bidang kelautan dan oseanografi.
 2. Mengetahui kategori fenomena *upwelling* di Perairan Selat Bbali
 3. Mengetahui hubungan tangkapan ikan dengan kejadian *upwelling* di Perairan Selat Bali.
- B. Bidang Rekayasa

Memberikan informasi mengenai kondisi oseanografi Perairan Selat Bali melalui parameter *upwelling* untuk membantu memudahkan pengoptimalan pengelolaan sumber daya alam di Perairan Selata Bali

I.4 Batasan Masalah

Agar penelitian yang akan dibahas tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka dalam penelitian ini terdapat batasana-batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan *software* pemograman *Envi* IDL.
2. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah klorofil-a, suhu permukaan laut, dan angin dengan rentang waktu tahun 2014-2018.
3. Wilayah penelitian dilakukan di perairan selat bali dengan posisi 8° LS-8,85° LS dan 114,40° BT-115,5° BT yang merupakan wilayah administrasi dari Provinsi Jawa Timur dan Bali. Lokasi penelitian terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

- a. Perangkat
 - Perangkat yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdapat dua komponen:
 - A. *Hardware*
 1. Laptop Asus A442UR-intel core i5
 2. Hardisk *External*
 - B. *Software*
 1. Microsoft Word 2016
 2. Microsoft Excel 2016
 3. Arcgis 10.3
 4. IDL 8.5
 5. Global Mapper 19
 6. WinSCP
- c. Data Penelitian
 - Data yang digunakan dalam pengerjaan penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Data Penelitian

No	Jenis Data	Tahun Akuisisi	Sumber Data	Keterangan
1.	Klorofil-a	2014-2018	podaac.jpl.nasa.gov	Citra Aqua MODIS Level 3
2.	Suhu permukaan laut	2014-2018	podaac.jpl.nasa.gov	Citra Aqua MODIS Level 3
3.	Angin	2014-2018	podaac.jpl.nasa.gov	Citra ASCAT v2 Level 3
4.	Data buoy coastal Monitoring	2017-2018	BROL	Data Validasi
5.	Tangkapan Ikan	2014-2018	PPN Pengambilan	Data Tangkapan Ikan

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Kajian Geografis Wilayah Penelitian

Secara geografis Perairan Selat Bali termasuk kedalam tipe perairan semi tertutup. Perairan Selat Bali umumnya dangkal di bagian utara dengan kedalaman ± 50 meter, sedangkan pada bagian selatan mencapai lebih dari 200 meter (Setyohadi, 2009). Perairan Selat Bali memiliki kesuburan yang tinggi, dimana produktivitas tertinggi terjadi saat musim Timur yang disebabkan oleh fenomena upwelling di perairan Samudera Hindia. Saat terjadinya upwelling, zat hara di perairan tinggi.

II.2 Upwelling

Upwelling diartikan sebagai fenomena pertukaran massa air yang dingin dan berat serta kaya zat hara dari lapisan yang lebih dalam ke lapisan atas atau menuju permukaan. Kejadian upwelling pada suatu wilayah dapat diidentifikasi dengan melihat faktor lingkungan seperti suhu permukaan laut yang lebih rendah dan konsentrasi klorofil-a yang lebih tinggi dari sekitarnya (Nontji, 2005).

Penentuan kriteria upwelling di perairan Selat Bali dilakukan dengan dua cara yaitu kriteria upwelling

berdasarkan nilai sebaran klorofil-a dan kriteria upwelling berdasarkan nilai sebaran SPL (Kunarsodkk., 2005).

1. Kriteria upwelling berdasarkan nilai sebaran klorofil-a
 - a) Menentukan Batas garis
 - Batas Bawah (C) = Nilai rata-rata - Standar Deviasi
 - Batas Tengah (B) = Nilai rata-rata + Standar Deviasi
 - Batas Atas (A) = Batas Tengah + (2 x Standar Deviasi)
 - b) Menentukan Kriteria upwelling
 - Upwelling lemah (UL) = UL < Batas bawah (C)
 - Upwelling Medium (UM) = Batas bawah (C) ≤ UM < Batas tengah (B)
 - Upwelling Kuat (UK) = Batas tengah (B) ≤ UK < Batas atas (A)
2. Kriteria upwelling berdasarkan sebaran SPL
 - a) Menentukan Batasan garis
 - Batas Atas (A) = Nilai rata-rata + (0,5 x Standar Deviasi)
 - Batas Tengah (B) = Nilai Rata-rata - (0,5 x Standar Deviasi)
 - Batas Bawah (C) = Batas tengah - (Standar Deviasi)
 - b) Menentukan Kriteria upwelling
 - Upwelling lemah (UL) = UL > Batas bawah (C)
 - Upwelling Medium (UM) = Batas tengah (B) ≤ UM < Batas atas (C)
 - Upwelling Kuat (UK) = Batas atas (A) ≤ UK < Batas tengah (B)

II.3 Klorofil-a dan Fitoplankton

Fitoplankton merupakan produsen utama di dalam ekosistem laut. Fitoplankton merupakan organisme tumbuhan mikroskopik yang hidup melayang atau mengapung didalam air dan memiliki kemampuan gerak yang terbatas. Fitoplankton sering juga disebut sebagai plankton nabati yang merupakan algae mikroskopik yang mengandung klorofil.

Klorofil-a merupakan pigmen penting, karena merupakan pigmen yang melakukan fotosintesis dan terdapat pada seluruh jenis fitoplankton. Konsentrasi klorofil-a tertinggi dijumpai pada angin muson timur, pada saat tersebut terjadi upwelling di beberapa perairan terutama wilayah perairan Timur (Pratama dan Khakhim, 2014).

II.4 Suhu Permukaan Laut

Suhu perairan merupakan faktor lingkungan yang paling mudah untuk diamati, sebab suhu merupakan suatu membawa petunjuk yang berguna untuk menganalisis suatu perubahan lingkungan. Suhu air laut, khususnya lapisan atas permukaan dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari yang berubah setiap waktu. Perubahan ini dapat terjadi secara harian, musiman, tahunan, dan jangka panjang (Sidjabat, 1976).

Suhu permukaan laut dapat mempengaruhi proses fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yakni suhu berperan untuk mengontrol reaksi kimia enzimatik dalam proses fotosintesis. Kenaikan suhu dapat

menaikkan laju maksimal fotosintesis, sedangkan pengaruhnya tidak langsung yakni dalam merubah struktur hidrologi kolom perairan yang dapat mempengaruhi distribusi fitoplankton (Tomascik dkk., 1997).

II.5 Angin

Farita (2006) menyatakan bahwa angin terjadi akibat dari perpindahan massa udara dari tempat bertekanan tinggi ke rendah menuju suatu kesetimbangan. Keadaan tersebut mengakibatkan naiknya massa udara yang ditandai dengan timbulnya suatu keadaan kusus yaitu terdapat tekanan udara yang rendah dan tekanan udara yang tinggi.

Kekuatan angin sebanding dengan perbedaan tekanan udara pada tempat tertentu. Semakin besar perbedaan tekanan udara maka semakin besar pula kecepatan angin yang berhembus. Pergerakan angin akan mempengaruhi karakteristik massa air llaut, salah satunya adalah terjadinya perubahan arah arus permukaan. Pergerakan angin yang kencang juga dapat mempengaruhi terjadinya percampuran massa air pada lapisan atas yang mengakibatkan sebaran suhu menjadi homogen.

II.6 Citra Aqua MODIS

Sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah salah satu instrumen utama yang dibawa *Earth Observing System* (EOS PM 1) satelit aqua, yang merupakan bagian dari program antariksa Amerika Serikat, National Aeronautics and Space Administration (NASA). Salah satu produk dari *Aqua MODIS* adalah citra level 3. Citra level 3 terdiri dari data suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a dan parameter lainnya yang sudah dikemas dalam periode waktu tertentu. Citra *Aqua MODIS* digunakan oleh ilmuwan dari berbagai macam disiplin ilmu. Citra *Aqua MODIS* level 3 merupakan produk data yang sudah diproses, citra tersebut sudah mengalami proses pengolahan citra berupa koreksi atmosferik yang dilakukan untuk keperluan menghilangkan hamburan cahaya yang sangat tinggi yang disebabkan oleh komponen atmosfer.

II.7 Regresi Polinomial

Regresi polinomial merupakan model regresi linear yang dibentuk dengan menjumlahkan pengaruh variable predictor (x) yang dipangkatkan sampai dengan orde ke-k.

Koefisien Determinasi (R^2) merupakan koefisien yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu model dalam menerangkan variasi variabel dependen (variabel y). Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, terdapat kategori yang digunakan berdasarkan nilai dari koefisien determinasi (Sugiyono, 2010).

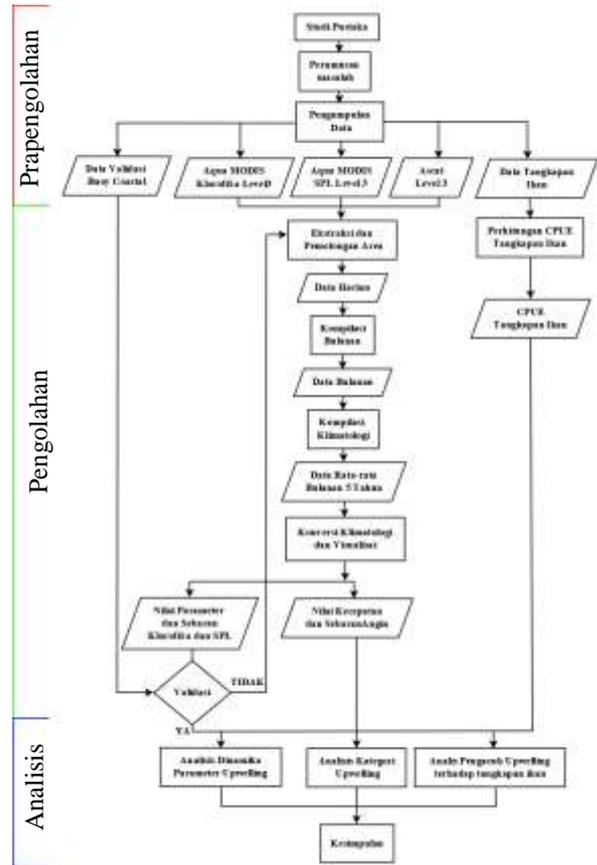
- 0 - 0,199 : Korelasi Sangat Rendah
- 0,20 - 0,399 : Korelasi Rendah

- 0,40 - 0,599 : Korelasi Sedang
- 0,60 - 0,799 : Korelasi Kuat
- 0,80 : Korelasi Sempurna

III. Metodologi Penelitian

III.1 Diagram alir

Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan diagram alir dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Tahapan Pra Pengolahan

Pada tahapan ini, dilakukan studi literatur, perumusan masalah dan pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian ini. Tahapan Pengolahan
2. Data citra yang telah diunduh diolah dengan *software ENVI IDL*. Tahap pengolahan terdiri dari:
 - a. Ekstraksi Data Harian

Tahap pertama pada pengolahan ini adalah mengekstrak dan menampilkan data suhu permukaan laut, klorofil, dan angin secara harian.
 - b. Kompilasi Bulanan

Kompilasi diperlukan untuk menghindari daerah yang tidak terekam oleh citra karena daerah tersebut masih kosong. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan rata-rata terhadap nilai *pixel* data harian.

- c. **Kompilasi Klimatologi**
 Pada kompilasi klimatologi data yang diolah adalah hasil rata-rata bulanan untuk dilakukan proses rata-rata kembali dalam satu tahun.
 - d. **Konversi Klimatologi dan Visualisasi**
 Konversi dilakukan untuk mengkonversi data suhu, klorofil-a, dan angin menjadi format *.txt.. Visualisasi dilakukan untuk mendapatkan peta sebaran setiap parameter. Peta yang dihasilkan terbagi menjadi dua format yaitu format *.png dan *.tiff.
 - e. **Plotting Data Aqua MODIS dan Angin**
 Plotting data dilakukan untuk melakukan penggambaran secara grafik untuk mengetahui hubungan antar ketiga parameter untuk mendeteksi kejadian *upwelling*.
3. **Tahapan Analisis**
 Analisis yang dilakukan yaitu mencari dinamika fenomena *upwelling* melalui parameter klorofil-a, SPL, dan angin. Hasil nilai konversi diklasifikasikan untuk mendapatkan kriteria *upwelling* serta membuat peta *upwelling*. Dilakukan uji statistik untuk mendapatkan korelasi antara parameter *upwelling* serta untuk mendapatkan hubungan fenomena *upwelling* dengan jumlah tangkapan ikan.

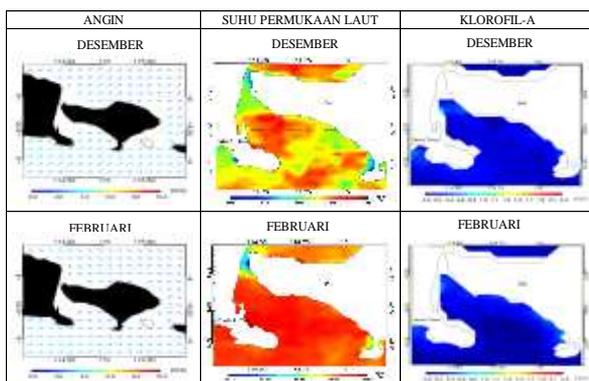
IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Analisis Dinamika Parameter Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut dan Angin

IV.1.1 Analisis Klimatologi Parameter *Upwelling*

IV.1.1.1 Musim Barat

Musim Barat terjadi pada bulan Desember – Februari. Peta sebaran angin, SPL, dan Klorofil-a pada musim Barat dapat dilihat pada Gambar 3. Kecepatan angin pada bulan Desember berada pada angka 7,041 m/s, pada bulan Januari bernilai 5,708 m/s, dan Februari sebesar 4,992 m/s, nilai rata-rata kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Peta Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Barat

Suhu permukaan laut rata-rata pada bulan Desember menunjukkan angka 28,712°C, bulan Januari menunjukkan angka 28,530°C, kemudian pada bulan Februari suhu permukaan laut berada pada angka tertingginya pada musim ini yaitu sebesar 28,942°C dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada musim Barat konsentrasi klorofil-a di Perairan Selat Bali lebih rendah dibandingkan dengan musim lainnya. Sebaran warna biru yang mewakili konsentrasi yang rendah ada pada semua area Selat Bali. Nilai konsentrasi klorofil-a sangat rendah yaitu antara 0,2213 – 0,2518 mg/m³ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Barat

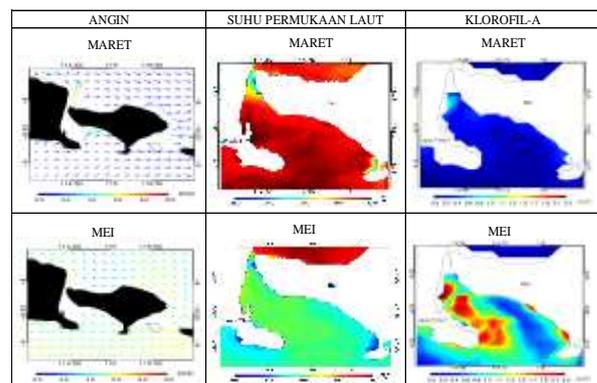
Bulan	Angin (m/s)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)
Desember	7,041	28,712	0,2518
Januari	5,708	28,530	0,2214
Februari	4,992	28,942	0,2303

IV.1.1.2 Musim Peralihan I

Periode bulan Maret-Mei (Musim Peralihan I) Pola sebaran parameter *upwelling* pada musim Peralihan I dapat dilihat pada Gambar 4. Tabel 3 berisi besaran kecepatan angin pada musim Peralihan I. Kecepatan angin pada bulan Maret berada pada kisaran 5,687 m/s. Peningkatan kecepatan angin terjadi pada bulan April menjadi 6,227 m/s dan pada bulan Mei terjadi puncak tertinggi kecepatan angin pada musim Peralihan I menjadi 8,558 m/s.

Suhu permukaan laut pada bulan Maret sebesar 29,057°C yang tersebar merata di seluruh Perairan Selat Bali. Bulan April terjadi sedikit penurunan suhu menjadi sebesar 28,946°C. Penurunan suhu juga terjadi pada bulan Mei menjadi 28,815°C dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai konsentrasi klorofil-a terdapat pada Tabel 3. Pada bulan Maret dan April konsentrasi klorofil-a masih menunjukkan nilai yang rendah yaitu sebesar 0,2403 mg/m³ dan 0,4109 mg/m³, namun pada bulan Mei konsentrasi klorofil-a mengalami peningkatan menjadi 1,1034 mg/m³.



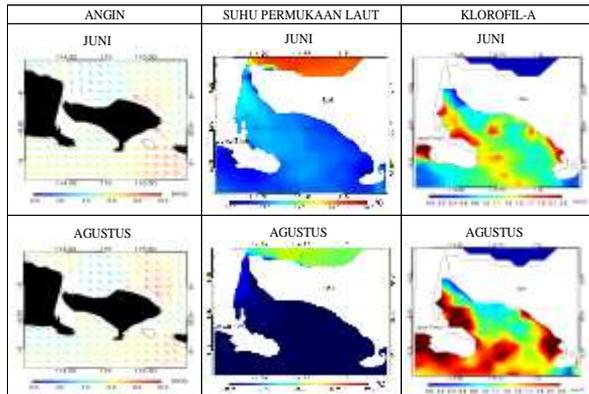
Gambar 4. Peta Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Peralihan I

Tabel 3. Nilai Rata-rata Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Peralihan I

Bulan	Angin (m/s)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)
Maret	5,687	29,057	0,2403
April	6,227	28,946	0,4109
Mei	8,558	28,815	1,1034

IV.1.1.3 Musim Timur

Musim Timur terjadi pada bulan Juni – Agustus. Pola sebaran angin, SPL, dan Klorofil-a ditunjukkan pada Gambar 5. Musim Timur merupakan periode dimana nilai sebaran dan kecepatan angin berada pada puncaknya. Nilai rata-rata kecepatan angin ditunjukkan pada Tabel 4. Kecepatan angin menurun sedikit pada bulan Juni dibandingkan dengan bulan Mei menjadi sebesar 7,849 m/s. Kemudian pada bulan Juli kecepatan angin mengalami peningkatan menjadi 8,668 m/s. Puncaknya pada bulan Agustus kecepatan angin berada pada nilai tertinggi yaitu sebesar 8,808 m/s.



Gambar 5. Peta Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Timur

Tabel 4. Nilai Rata-rata Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Timur

Bulan	Angin (m/s)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)
Juni	7,849	26,628	1,2376
Juli	8,668	26,636	1,4414
Agustus	8,808	25,664	1,5963

Sebaran suhu permukaan laut pada musim Timur menunjukkan penurunan yang sangat tinggi, pada bulan Juni suhu permukaan laut sebesar 26,628°C, bulan Juli suhunya sebesar 26,636°C serta puncaknya terjadi pada bulan Agustus sebesar 25,664°C dapat dilihat pada Tabel 4.

Konsentrasi klorofil-a pada musim Timur mengalami kenaikan yang signifikan dikarenakan terjadinya fenomena *upwelling* yang diakibatkan oleh angin muson timur. Nilai konsentrasi klorofil-a pada musim Timur menunjukkan konsentrasi yang tinggi yaitu antara 1,2376-1,5963 mg/m³ dapat dilihat pada Tabel 4.

IV.1.1.4 Musim Peralihan II

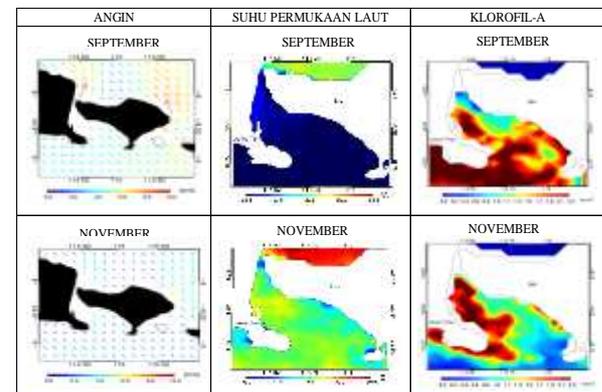
Musim Peralihan II merupakan musim pergantian antara musim Timur dengan Musim Barat. Pola sebaran angin, SPL, dan klorofil-a pada musim Peralihan II ditunjukkan pada Gambar 6. Rata-rata kecepatan angin pada musim Peralihan II ditunjukkan pada Tabel 5. Pada bulan September kecepatan angin sebesar 8,636 m/s. Pada bulan Oktober kecepatan angin berada pada kisaran 7,788 m/s, serta pada bulan November kecepatan angin sebesar 8,007 m/s.

Hasil konversi klimatologi pada Tabel 5 menunjukkan pada bulan September nilai suhu permukaan laut sebesar 25,366°C. Pada bulan Oktober suhu permukaan laut sebesar 26,223°C. Pada bulan November terjadi kenaikan suhu menjadikan nilai suhu permukaan laut dapat dilihat pada Gambar 6.

Musim Peralihan II di Perairan Selat Bali memiliki konsentrasi klorofil-a yang tinggi. Nilai konsentrasi klorofil-a berada pada kisaran 1,3372 mg/m³ sampai dengan 1,8780 mg/m³ dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Timur

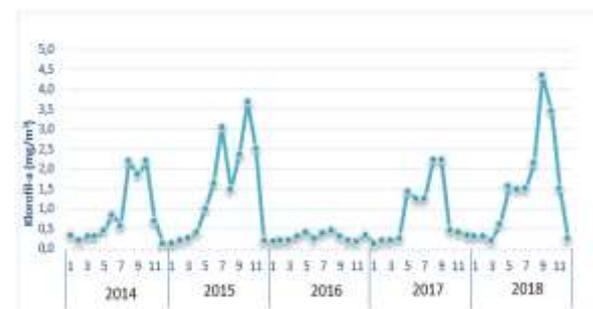
Bulan	Angin (m/s)	SPL (°C)	Klorofil-a (mg/m ³)
September	8,636	25,366	1,8780
Oktober	7,788	26,223	1,6971
November	8,007	27,871	1,3372



Gambar 6. Peta Sebaran Angin, SPL, dan Klorofil-a Musim Peralihan II

IV.1.1.5 Analisis Nilai Sebaran Klorofil-a Tahun 2014-2018

Pola konsentrasi klorofil-a mulai mengalami peningkatan pada bulan Mei dan mencapai puncak tertinggi Juli sampai dengan Oktober yang mengindikasikan fenomena *upwelling*. Konsentrasi klorofil-a mengalami penurunan pada musim Barat dibuktikan dengan nilai terendah konsentrasi klorofil-a selalu terjadi pada bulan Desember sampai dengan Februari setiap tahunnya.

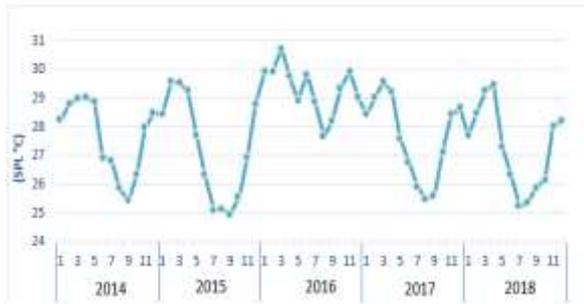


Gambar 7. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Temporal 2014-2018

Konsentrasi klorofil-a pada tahun 2016 sangat kecil dibandingkan dengan tahun lainnya. Hal ini bertepatan dengan fenomena IODM (*Indian Ocean Dipole Mode*) fase negatif di Samudera Hindia. Anomali IODM negatif mempengaruhi angin muson, semakin kecil indeks IODM maka semakin kecil kekuatan angin yang berhembus ke barat yang mengakibatkan menurunnya intensitas *upwelling*. Grafik rata-rata bulanan klorofil-a pada tahun 2014 sampai 2018 menunjukkan pola yang fluktuatif ditunjukkan pada Gambar 7.

IV.1.1.6 Analisis Nilai Sebaran Suhu Permukaan Laut Tahun 2014-2018

Suhu Permukaan laut di perairan Selat Bali mengalami penurunan mulai pada bulan Mei dan mencapai suhu terendah pada bulan Agustus serta September yang menandakan terjadinya *upwelling*.



Gambar 8. Grafik Konsentrasi Klorofil-a Temporal 2014-2018

Grafik fluktuasi suhu permukaan laut bulanan ditunjukkan pada Gambar 8. Pada tahun 2016 suhu permukaan laut cenderung tinggi dibandingkan dengan tahun lainnya lalu kembali normal pada tahun 2017. Anomali pada tahun 2016 diduga dikarenakan fenomena IODM negatif yang mengakibatkan suhu permukaan laut menjadi lebih hangat daripada suhu biasanya.

IV.2 Analisis Fenomena *Upwelling*

IV.2.1 Kriteria *Upwelling*

Hasil dari konversi klimatologi didapatkan nilai rata-rata kandungan klorofil-a dari tahun 2014-2018. Tabel 6 menunjukkan nilai kriteri *upwelling*. Kriteria *upwelling* dibagi menjadi tiga kategori. Kategori lemah bernilai kurang dari 0,347 mg/m³ klorofil-a dan 28,291 SPL, kategori medium berada diantara nilai 0,347-1,594 mg/m³ klorofil-a dan 26,941- 28,291 SPL, kategori kuat berada diantara nilai 1,594 -2,840 mg/m³ klorofil-a dan 25,590 – 26,941 °C SPL.

Tabel 6. Nilai Kategori *Upwelling*

Kategori <i>Upwelling</i>	Klorofil-a (mg/m ³)	SPL (°C)
<i>Upwelling</i> Lemah (UL)	UL < 0,347	UL > 28,291
<i>Upwelling</i> Medium (UM)	0,347 ≤ UM ≤ 1,594	28,291 ≤ UM ≤ 26,941
<i>Upwelling</i> Kuat (UK)	1,594 ≤ UK ≤ 2,840	25,590 ≤ UK ≤ 26,941

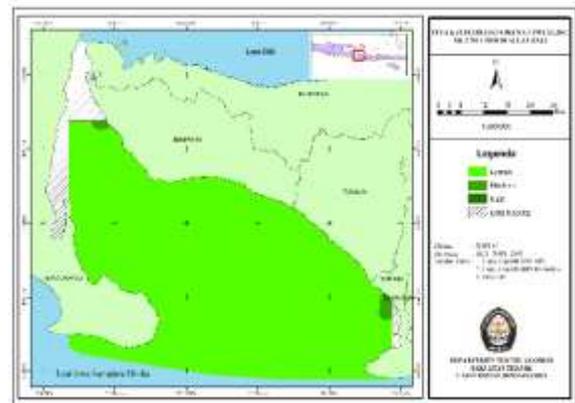
IV.2.2 Peta Lokasi Kejadian *Upwelling*

Luas kategori *upwelling* dapat dilihat pada Tabel 7. Kategori *upwelling* didominasi oleh kriteria medium yang terdapat pada bulan Mei sampai dengan November sedangkan kriteria lemah hanya terjadi pada bulan Mei. Kriteria kuat terdapat pada bulan Juni sampai dengan bulan Oktober.

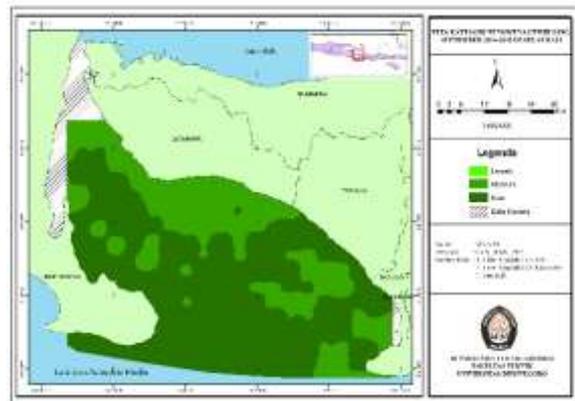
Tabel 7. Luas Kriteria *Upwelling*

Bulan	Kuat (km ²)	Medium (km ²)	Lemah (km ²)
Mei		26,906	3.295,685
Juni	548,440	2.674,148	
Juli	1.108,758	2.213,831	
Agustus	1.878,138	1.444,449	
September	2.225,437	1.097,150	
Oktober	1.838,931	1.483,656	
November		3.322,588	

Berdasarkan nilai kriteria *upwelling* maka didapatkan peta sebaran kejadian fenomena *upwelling* yang ditunjukkan pada Gambar 9. Warna hijau menunjukkan kategori *upwelling* dari lemah sampai dengan kuat.



(a)



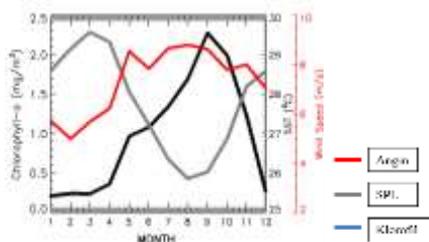
(b)

Gambar 9. Peta Kategori *Upwelling* (a) Bulan Mei, (b) Bulan September

IV.3 Korelasi Parameter *Upwelling*

Korelasi antara parameter dapat dilihat pada Gambar 10. Suhu permukaan laut dan klorofil-a menunjukkan grafik yang saling berlawanan sedangkan

parameter angin searah dengan klorofil-a. Pengujian korelasi antara parameter *upwelling* perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara parameter. Uji korelasi dilakukan secara silang untuk semua parameter. Sebelum uji korelasi, dilakukan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data menunjukkan sebaran yang normal atau tidak normal untuk mengetahui metode korelasi yang akan digunakan.



Gambar 10. Grafik Hubungan Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut, dan Angin

IV.3.1 Uji Normalitas

Berdasarkan hasil uji normalitas, distribusi data suhu permukaan laut, klorofil-a, dan angin bisa dikatakan normal. Hasil uji normalitas menggunakan metode *Kolmogorov-smonov* dan *Shapiro-Wilk*. Nilai signifikansi klorofil-a, suhu permukaan laut, dan angin berturut turut adalah 0,119, 0,2, dan 0,130 (*Kolmogorov-smonov*) serta 0,116, 0,332, dan 0,999 (*Shapiro-Wilk*) dimana nilai-nilai tersebut telah melebihi 0,05.

IV.3.2 Uji Korelasi

IV.3.2.1 Klorofil Dengan Suhu Permukaan Laut

Uji korelasi yang dipakai pada penelitian ini adalah uji korelasi *Pearson*. Korelasi *Person* digunakan karena data parameter berdistribusi normal. Tabel 8 menunjukkan nilai signifikansi antara klorofil dengan suhu permukaan laut adalah 0,000 lebih kecil dari nilai alpha 0,001 yang berarti ada hubungan antara klorofil-a dan suhu permukaan laut. Nilai *pearson correlation* antara klorofil-a dan suhu permukaan laut menunjukkan nilai -0,806 yang berarti adanya hubungan yang kuat antara kedua variabel namun hubungan tersebut berlawanan arah.

Tabel 8. Hasil Uji Korelasi Klorofil-A Dengan Suhu Permukaan Laut

		Klorofil-a	SPL
Klorofil-a	Pearson Correlation	1	-.806**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	60	60
SPL	Pearson Correlation	-.806**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

IV.3.2.2 Klorofil Dengan Angin

Tabel 9 menunjukkan nilai signifikansi 0.03 lebih besar dari alpha 0,01 yang berarti tidak terdapat

hubungan antara klorofil-a dengan angin. Nilai *pearson correlation* antara klorofil-a dengan angin sebesar 0.374 menunjukkan hubungan yang lemah antara kedua variabel dikarenakan nilai korelasi lebih dekat dengan angka 0.

Tabel 9. Hasil korelasi klorofil-a dengan Angin

		Klorofil-a	Angin
Klorofil-a	Pearson Correlation	1	.374**
	Sig. (2-tailed)		.003
	N	60	60
Angin	Pearson Correlation	.374**	1
	Sig. (2-tailed)	.003	
	N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

IV.3.2.3 Suhu Permukaan Laut Dengan Angin

Tabel 10 menunjukkan hasil uji korelasi antara suhu permukaan laut dengan angin Nilai signifikansi 0,01 sama dengan nilai alpha 0.01 sehingga suhu permukaan laut dengan angin dapat dikatakan berhubungan. Nilai *pearson correlation* antara klorofil-a dan suhu permukaan laut menunjukkan nilai -0.501 yang berarti adanya hubungan yang sedang antara kedua variabel namun hubungan tersebut berlawanan arah.

Correlations			
		SPL	Angin
SPL	Pearson Correlation	1	-.501**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	60	60
Angin	Pearson Correlation	-.501**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	60	60

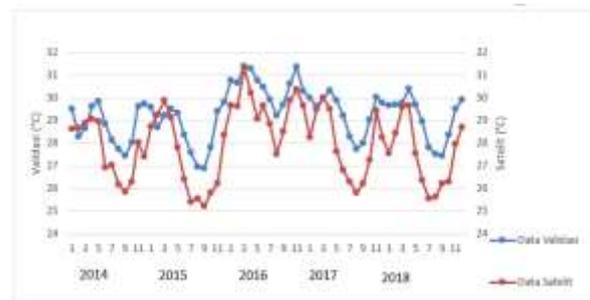
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 10. Hasil Uji Korelasi Suhu Permukaan Laut Dengan Angin

IV.4 Validasi Nilai Parameter *Upwelling*

IV.4.1 Validasi Suhu Permukaan Laut

Validasi suhu permukaan laut dilakukan pada 4 titik setiap bulannya. Gambar 11 menunjukkan grafik antara data suhu permukaan laut validasi dengan pengolahan.



Gambar 11. Grafik Fluktuasi Validasi Suhu Permukaan Laut

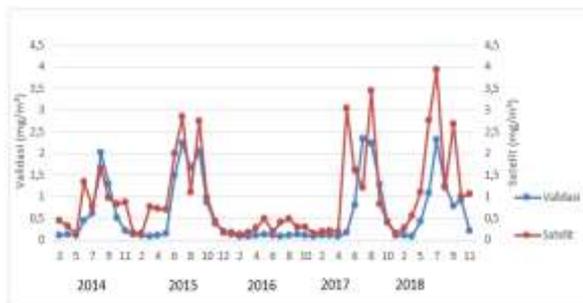
Tren data validasi dengan pengolahan secara keseluruhan menunjukkan adanya kesamaan pola. Pola

suhu permukaan laut validasi yang turun pada musim Timur dan naik pada musim Barat sama dengan suhu permukaan laut dilapangan. Secara keseluruhan data hasil validasi menunjukkan suhu yang lebih tinggi daripada data pengolahan. Hasil dari regresi linear menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0,7282 yang berarti data pengolahan berpengaruh sebesar 72,82 % terhadap data validasi.

IV.4.2 Validasi Klorofil-a

Data hasil perekaman *coastal buoy* yang digunakan untuk validasi ada sebanyak 1 titik setiap bulannya. Hasil validasi klorofil-a menunjukkan hal yang sama dengan suhu permukaan laut. Data hasil validasi dengan pengolahan tidak menunjukkan hal yang sama sehingga analisis dilakukan dengan pengamatan tren data, serta melakukan regresi linear.

Fluktuasi data pengolahan dan validasi ditunjukkan pada Gambar 12. Secara keseluruhan data mempunyai persamaan tren fluktuasi. Namun terkadang ada perbedaan yang mencolok seperti pada bulan November 2014, bulan Maret 2015, pertengahan tahun 2017 dan pertengahan tahun 2018. Perbedaan yang mencolok ini dapat terjadi karena air hujan dapat membawa partikel padat ke lautan yang mengakibatkan satelit dapat salah menginterpretasikannya sebagai konsentrasi klorofil. Hasil regresi menunjukkan koefisien determinasi sebesar 0,5641 yang berarti 56,41% data klorofil-a pengolahan dapat berpengaruh terhadap data validasi.



Gambar 12. Grafik Fluktuasi Validasi Klorofil-a

IV.5 Hubungan *upwelling* Terhadap Produksi Ikan

IV.5.1 Hubungan Fluktuasi Data

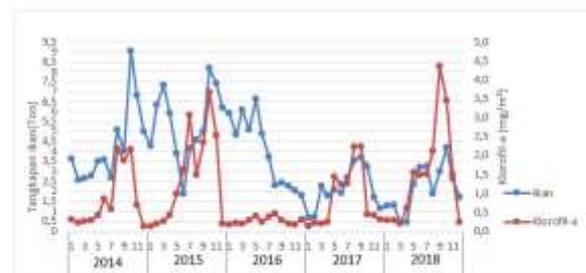
Data hasil tangkapan ikan yang diperoleh berupa data sekunder dari TPI Pengembangan Kabupaten Jembrana. Dilakukan perhitungan CPUE (*Catch Per Unit Effort*) yaitu menghitung hasil tangkapan persatuan upaya untuk mendapatkan nilai produktivitas tangkapan di Selat Bali.

Gambar 13 menunjukkan fluktuasi tangkapan ikan dengan klorofil-a. Secara keseluruhan klorofil-a membutuhkan waktu selama 3 bulan untuk dapat mempengaruhi tangkapan ikan. Tahun 2015 tangkapan ikan pada bulan Januari sampai dengan April menunjukkan angka yang tinggi padahal konsentrasi klorofilnya rendah. Hal seperti ini bisa terjadi dikarenakan klorofil-a membutuhkan waktu untuk

berpengaruh terhadap tangkapan ikan melalui poses rantai makanan.

Tahun 2018 pada bulan September konsentrasi klorofil-a berada pada puncaknya, tetapi tangkapan ikan malah turun. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh proses rantai makanan yang membutuhkan waktu untuk berpengaruh.

Fenomena anomali terjadi pada tahun 2016 yang mengakibatkan konsentrasi klorofil-a pada tahun 2016 menjadi sedikit sepanjang tahun. Hubungan tangkapan ikan dengan fenomena *upwelling* pada saat terjadinya anomali menunjukkan pengaruh yang signifikan. Tangkapan ikan secara keseluruhan berkurang dari tahun 2015 sebesar 17.262 ton menjadi 7.393 pada tahun 2016. Penurunan tangkapan ikan ini dapat dilihat dari penurunan trip kapal yang mendaratkan tangkapannya di pelabuhan yang juga turun dari tahun 2015 sebesar 2.800 trip menjadi 1.438 trip pada tahun 2016. Penurunan hasil tangkapan ikan dan trip kapal tidak langsung terjadi. Fenomena anomali *upwelling* mulai berpengaruh pada bulan ke 6 sampai dengan 2017.

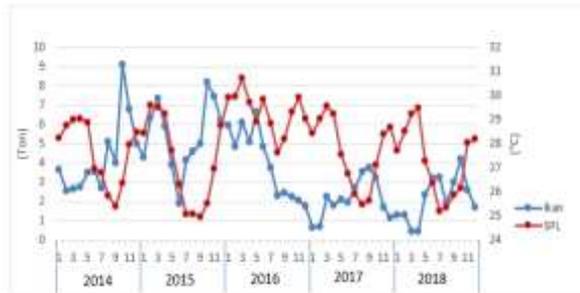


Gambar 13. Grafik Fluktuasi Tangkapan Ikan Dengan Klorofil-a

Grafik fluktuasi antara tangkapan ikan dengan suhu permukaan laut menunjukkan pola yang berbedabeda (Gambar 14). Suhu permukaan laut berbanding terbalik dengan klorofil-a, maka pola kejadian *upwelling* dengan tangkapan ikan dinyatakan berpengaruh jika grafik antara tangkapan ikan dengan suhu permukaan laut berlawanan. Pola grafik fluktuasi antara suhu permukaan laut dengan klorofil-a menunjukkan hal yang sama. Tahun 2015 tangkapan ikan tinggi walaupun suhu permukaan lautnya tinggi dan sebaliknya tangkapan ikan rendah jika suhunya rendah. Hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan perairan yang lebih dingin dan konsentrasi klorofil yang tinggi pada musim Peralihan II 2014 masih mempengaruhi siklus rantai makanan di awal tahun 2015.

Bulan agustus tahun 2018 terjadi penurunan tangkapan ikan padahal suhu permukaan laut sedang rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh hasil tangkapan ikan yang banyak pada bulan sebelumnya. Fenomena anomali yang terjadi pada tahun 2016 juga mempengaruhi nilai suhu permukaan laut. Suhu pada tahun 2016 menjadi lebih hangat. Hubungan antara tangkapan ikan dengan suhu permukaan laut menunjukkan hal yang sama dengan klorofil-a

dikarenakan korelasi yang kuat antara klorofil-a dengan parameter suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut membutuhkan waktu 4 bulan untuk berpengaruh dengan tangkapan ikan.



Gambar 14. Grafik Fluktuasi Tangkapan Ikan Dengan Suhu Permukaan Laut

IV.5.2 Uji Regresi Polinomial

Uji regresi polinomial dilakukan untuk mencari besarnya hubungan antara parameter *upwelling* dengan tangkapan ikan di Selat Bali. Regresi polinomial yang digunakan adalah regresi polinomial orde 3. Tabel 11 menunjukkan koefisien determinasi regresi polinomial.

Tahun 2017 dan 2018 koefisien determinasi menunjukkan hubungan yang berkorelasi kuat yaitu untuk tahun 2017, 0,6991 untuk klorofil-a dan 0,7233 untuk suhu permukaan laut dan tahun 2018 0,6823 untuk klorofil-a dan 0,7513 untuk suhu permukaan laut.

Tahun 2014 koefisien determinasi untuk klorofil-a berkorelasi sedang sedangkan untuk suhu permukaan laut berkorelasi rendah. Koefisien determinasi tahun 2014 yaitu 0,4091 untuk klorofil-a dan 0,25 untuk suhu permukaan laut. Tahun 2015 koefisien determinasi menunjukkan angka 0,3871 untuk klorofil-a dan 0,176 untuk suhu permukaan laut yang berarti berkorelasi rendah dan sangat rendah. Tahun 2016 koefisien determinasi untuk klorofil-a menunjukkan korelasi yang sangat rendah dan untuk suhu permukaan laut berkorelasi rendah.

Tabel 11. Koefisien Determinasi Parameter *Upwelling* dengan tangkapan ikan

Tahun	Koefisien Determinasi (R^2)	
	Klorofil-a	SPL
2014	0,4091	0,25
2015	0,3871	0,176
2016	0,0445	0,2847
2017	0,6991	0,7233
2108	0,6823	0,7513

V. Kesimpulan Dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari tugas akhir ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada klorofil-a, suhu permukaan laut dan angin, didapatkan waktu kejadian *upwelling* di

perairan Selat Bali. *Upwelling* terjadi pada saat musim Timur dan musim Peralihan II, yaitu pada bulan Mei sampai dengan November. Nilai rata-rata kandungan klorofil-a tertinggi terdapat pada bulan September dengan nilai sebesar 1,870 mg/m³. Nilai rata-rata suhu permukaan laut tertinggi terdapat pada bulan September dengan nilai sebesar 25,366 °C. Nilai rata-rata kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan Agustus, yaitu sebesar 8,808 m/s

2. Berdasarkan sebaran klorofil-a dan suhu permukaan laut, didapatkan kategori *upwelling* di perairan Selat Bali. Kategori *upwelling* dibagi menjadi tiga yaitu lemah, medium, dan kuat. Peta lokasi *upwelling* menunjukkan lokasi kriteria *upwelling* yang terjadi di Selat Bali. *Upwelling* kategori lemah dengan area terluas terjadi pada bulan Mei dengan luas 3.295,685 km², kategori medium terluas terjadi pada bulan November dengan luas 3.322,588 km², kategori kuat terluas terjadi pada bulan September dengan luas 2.225,437 km².
3. Pengaruh fenomena *upwelling* dengan tangkapan ikan melalui grafik fluktuasi tidak menunjukkan korelasi yang signifikan. Secara mayoritas tangkapan ikan meningkat pada saat terjadi *upwelling*, namun ada kalanya tangkapan ikan naik saat *upwelling* tidak terjadi. Hal ini terjadi dikarenakan proses rantai makanan yang membutuhkan waktu untuk berpengaruh langsung terhadap ikan. Hasil regresi polinomial menunjukkan pengaruh *upwelling* terhadap tangkapan ikan memiliki korelasi yang tidak signifikan dikarenakan tingkat hubungannya berbeda setiap tahun. Tingkat hubungan tertinggi ditunjukkan pada tahun 2018 dengan koefisien determinasi 0,6823 untuk klorofil-a dan 0,7513 untuk suhu permukaan laut. tingkat hubungan terendah terjadi pada tahun 2016 dengan koefisien determinasi 0,03445 untuk klorofil-a dan 0,2847 untuk suhu permukaan laut.

V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti untuk pengembangan penelitian kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya sebaiknya dalam validasi menyamakan waktu validasi dengan waktu perekaman data pengolahan.
2. Melakukan pemilihan wilayah studi yang lebih luas agar hasil dari parameter lebih baik dikarenakan resolusi spasial pengolahan yang rendah.
3. Mendapatkan nilai tangkapan ikan yang rinci yang meliputi jenis tangkapan ikan, alat tangkap, serta koordinat penangkapan ikan.

4. Menambahkan parameter seperti arus dan salinitas serta parameter yang lain yang mempengaruhi fenomena *upwelling* di suatu wilayah.
5. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai suatu anomali yang mempengaruhi fenomena *upwelling* dalam kurun waktu tertentu.

Daftar Pustaka

- Farita, Y. (2006). Variabilitas Suhu di Perairan Selatan Jawa Barat dan Hubungannya dengan Angin Muson, Indian Ocean Dipole Mode dan El Nino Southern Oscillation. *Skripsi. Departemen Ilmu Kelautan., Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.*
- Kunarso, K., Ningsih, N. S., dan Supangat, A. (2005). Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan Selatan NTT Hingga Barat Sumatera. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences, 10(1), 17–23.*
- Nontji, A. (2005). Laut Nusantara (edisi revisi). *Djambatan Jakarta.*
- Ridha, U., Hartoko, A., dan Muskanonfola, M. R. (2013). Analisa sebaran tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) berdasarkan data satelit suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Selat Bali. *Management of Aquatic Resources Journal, 2(4), 53–60.*
- Setyohadi, D. (2009). Studi potensi dan dinamika stok ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali serta alternatif penangkapannya. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada, 11(1), 78–86.*
- Sidjabat, M. (1976). *Pengantar Oseanografi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.*
- Sugiyono, (2010). *Statistik Untuk Penelitian. Bandung. Alfabeta.*
- Tomascik, T., Mah, A., dan Nontji, A. (1997). The Ecology of Indonesian Seas. The Ecology of Indonesian Series. *Vol. VII. Periplus Eds.(HK) Ltd., p1074.*