

PENGARUH PERUBAHAN DISTRIBUSI SUHU PERMUKAAN LAUT DAN KONSENTRASI KLOORIFIL TERHADAP HASIL PRODUKSI IKAN PELAGIS DI PERAIRAN SELATAN JAWA TENGAH dan DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Arum Sekar Setyaningsih
arum.sekar.s@mail.ugm.ac.id

Sudaryatno, Wirastuti Widyatmanti
deyatno@yahoo.com, wwidyatmanti@ugm.ac.id

Abstract

The research methods used to obtain the SST and chlorophyll with MODIS image was SeaDas software, which applied Miami Pathfinder algorithms for SST and Carder algorithms for chlorophyll. The relationship between SST and chlorophyll was determined by identifying statistical correlation, whereas the relationship between SST and chlorophyll and pelagic fish production was determined using chart portraying approach. The results show that during west season, SST ranges from 28-31°C and the chlorophyll from 0.07-0.3mg/m³; at the early transition period, 27-30°C for SST and 0.08-0.3mg/m³ for chlorophyll; at the east monsoon 24-27°C for SST and 0.1-1mg/m³ for chlorophyll; and at the end of transition, 24-29°C for SST and 0.08-1mg/m³ for chlorophyll. The relationship between SST and chlorophyll shows strong correlation values ranges from 0.5 – 0.8. The highest average of high pelagic fish production (5.232,51 ton) is related to cooled SST and high chlorophyll concentration (0.6 mg/m³).

Keyword : MODIS, sea surface temperature, chlorophyll, pelagic fish production.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui persebaran SPL dan klorofil pada musim barat, pancaroba dan timur, (2) mengetahui hubungan antara SPL dan klorofil, dan (3) mengetahui hubungan SPL dan klorofil terhadap hasil produksi ikan pelagis. Metode untuk memperoleh SPL dan klorofil dengan citra MODIS menggunakan *software* SeaDas, dengan menerapkan algoritma Miami Pathfinder untuk SPL dan algoritma Carder untuk klorofil. Hubungan SPL dan klorofil diperoleh dengan analisis statistik korelasi, sedangkan hubungan SPL dan klorofil terhadap hasil produksi ikan pelagis menggunakan pendekatan grafik. Hasil penelitian menunjukkan pada musim barat, kondisi SPL berkisar 28-31°C dan klorofil berkisar 0.07-0.3mg/m³; musim pancaroba, awal SPL berkisar 27-30°C dan klorofil 0.08-0.3mg/m³; pada musim timur, SPL berkisar 24-27°C dan klorofil berkisar 0.1-1mg/m³; dan pada musim pancaroba akhir tahun, SPL berkisar 24-29°C dan klorofil 0.08-1mg/m³. Hasil analisis korelasi antar SPL dan klorofil menunjukkan nilai yang signifikan berkisar antara 0.5 – 0.8, baik hubungan yang bersifat positif maupun negatif. SPL yang bersuhu dingin berkisar 24-27°C memiliki hasil produksi ikan pelagis yang tinggi mencapai 5.232,51 ton dengan kondisi klorofil yang tinggi mencapai lebih dari 0.6 mg/m³.

Keyword : MODIS, suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil, produksi ikan pelagis.

I. PENDAHULUAN

Keberadaan ikan dapat berubah tergantung dengan kondisi perairannya sesuai habitat hidupnya. Disisi lain habitat tersebut sangat tergantung dengan tingkat konsentrasi klorofil fitoplankton di laut (Hutabarat, 1985). Tingginya zat hara di permukaan air laut mengindikasikan bahwa awal dari rantai makanan ikan, yang memiliki peranan penting adalah fitoplankton maupun zooplankton yang berperan sebagai bahan makanan jenis hewan laut (Nontji, 2007). Kondisi oseanografis sangat mempengaruhi keberadaan sumberdaya ikan, dengan adanya perubahan kondisi yang akan mempengaruhi pola kehidupan ikan baik menyangkut migrasi musiman, pertumbuhan dan keberadaannya. Faktor oseanografis yang sangat berpengaruh ini mencakup suhu permukaan laut, salinitas, konsentrasi klorofil, *upwelling*, *front* dan pola arus.

Keberadaan ikan juga dipengaruhi oleh perubahan musim yang terjadi di Indonesia yaitu musim barat, musim timur dan musim pancaroba. Setiap musim akan memberikan kondisi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil yang berbeda-beda, sehingga diperlukan identifikasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil di setiap musim barat, musim timur dan musim pancaroba, yang nantinya dapat memberikan informasi mengenai keterkaitan hubungan antara suhu permukaan laut dengan konsentrasi klorofil. Hubungan kedua parameter selanjutnya dianalisis kembali berdasarkan hasil produksi ikan laut, khususnya ikan pelagis. Data hasil produksi ikan yang akan digunakan mencakup

wilayah sepanjang Perairan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Salah satunya dapat dimanfaatkan untuk memperoleh data parameter karakteristik yang dibutuhkan untuk identifikasi kelautan adalah MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectoradiometer*). Parameter hidup ikan tersebut meliputi suhu permukaan laut dan klorofil. Citra MODIS memiliki data yang lengkap dan memiliki cakupan spektral yang luas, sehingga baik untuk identifikasi kelautan.

Wilayah pantai selatan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta sejauh 13°, dengan dasar masih sedikitnya penelitian di samudera hindia yang menyebabkan kurangnya informasi mengenai parameter laut yang berpengaruh terhadap produksi ikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Suhu permukaan laut

Berdasarkan distribusi citra suhu permukaan laut dapat mengetahui fenomena oseanografi seperti kadar plankton, *upwelling*, *front* dan pola arus permukaan. Daerah yang memiliki fenomena tersebut pada umumnya termasuk dalam perairan yang subur (Notji, 2007).

Konsentrasi klorofil

Klorofil adalah pigmen hijau yang terkandung dalam ganggang dan tanaman. Klorofil sangat penting dalam proses fotosintesis, dalam menyerap cahaya yang paling kuat adalah biru pada spectrum elektromagnetik. (Speer, Brian R., 1997). Klorofil-a merupakan organisme yang paling diperlukan dalam fotosintesis untuk pemberian oksigen dan untuk melepaskan energy kimia. (Raven, Peter H, et al, 2005).

Upwelling

Upwelling menyatakan proses penaikan massa air dari bawah ke permukaan. Gerakan ini membawa air yang bersuhu lebih dingin, serta salinitas yang tinggi dan tak kalah pentingnya tingginya zat hara maupun kandungan fitoplankton. Tingginya kandungan fitoplankton yang merupakan pangkal utama dari rantai makanan maka pada daerah ini biasanya dikenal sebagai daerah yang memiliki potensi ikan yang tinggi. *Upwelling* memiliki tanda yang paling jelas yaitu turunnya suhu pada kedalaman 200m hingga 3°C lebih rendah daripada disaat musim barat yang tanpa air naik, (Nontji, 2007).

Musim

Kondisi udara dan laut memiliki interaksi yang sangat erat, adanya perubahan cuaca akan mempengaruhi kondisi laut. Misalnya saja angin, yang sangat menentukan terjadinya gelombang dan arus di lautan, dan curah hujan akan mempengaruhi salinitas air laut. Pola angin yang sangat berperan di Indonesia adalah angin musim (monsoon), (Nontji, 2007).

III. METODE PENELITIAN

Alat dan bahan :

- Citra MODIS level 1B tahun 2012.
- Data produksi ikan pelagis sepanjang Jawa Tengah dan DIY
- Peta admisnistrasi Jawa Tengah dan DIY
- Seperangkat laptop/computer
- Perangkat lunak VMware Player
- Perangkat lunak SeaDas 6.4
- Perangkat lunak SPSS 16.0

Tahapan pengolahan citra

Penelitian ini menggunakan SeaDas yang dapat di instal dengan menggunakan Linux, ataupun windows. Pengolahan citra memerlukan koneksi internet yang kuat untuk melakukan pengolahan citra MODIS level 1B ke produk level 2. Pemrosesan level 1B ke level 2 memerlukan beberapa tahapan operasional. Produk keluaran L2 yang dipilih adalah *sst* dan *chlor_a*, dengan dukungan panjang gelombang 547 Rrs (*Remote Sensing Reflectance*) dan panjang gelombang 412, 443, 448, 531, 547, 667, 678, 748, 869 untuk *nLw* (*Normalized water-leaving radiance*). Proses ini akan langsung menghasilkan citra suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil, yang bebas dari gangguan atmosferik dan bebas daratan. Pengolahan menggunakan SeaDas untuk suhu permukaan laut menggunakan algoritma dari *Miami Pathfinder*, sedangkan untuk pengolahan klorofil-a dengan menggunakan algoritma *Carder* yang dapat dilihat pada MODIS Ocean Science Team Algorithm Theoretical Basic Document (ATBD) 19 dan 25.

Pengolahan suhu kecerahan air

$$T_b = c_2 / (V_i * \ln(1 + c_1 / (V_i^5 * R)))$$

Keterangan:

T_b = Suhu Kecerahan Air (K)

c_1, c_2 = Konstanta Radiasi

c_2 = Konstanta Radiasi

V_i = *Central wavelength* (tabel 1)

R = Nilai Radiansi saluran 20, 31 dan 32

Tabel 1. Panjang gelombang pusat.

Satelit	Band 20	Band 31	Band 32
AQUA	3.7803	11.0263	12.0424
TERRA	3.7803	11.0273	12.0020

Sumber: ATBD Control Sheet-EOP-SST-MOD

Algoritma *Miami Pathfinder* untuk suhu permukaan laut

$$SPL = c_1 + c_2 * T_{31} + c_3 * T_{3132} + c_4 * (\sec(\theta) - 1) * T_{3132}$$

Keterangan :

Tb 31 = suhu kecerahan air saluran 31 (°C)

Tb 32 = suhu kecerahan air saluran 32 (°C)

Tb 31 32 = (saluran 32- saluran 31)

θ = nilai radiansi sensor zenith

c1,c2,c3,c4 = koefisien (tabel 2)

Tabel 2 Koefisien Suhu Permukaan Laut dan data MODIS saluran 31 dan 32 (11 - 12 μ m)

	Koefisien	
	T ₃₀ - T ₃₁ <= 0,7	T ₃₀ - T ₃₁ > 0,7
C ₁	1.228552	1.692521
C ₂	0.9576555	0.9558419
C ₃	0.1182196	0.0873754
C ₄	1.774631	1.199584

Sumber : MODIS Ocean Science Team Algorithm Theoretical Basic Document (ATBD)

Algoritma *Carder* untuk konsentrasi klorofil

$$\text{Klor-a} = 10^{(c_0 + c_1 * R + c_2 * R^2 + c_3 * R^3)}$$

Keterangan :

c0 = 0.2818

c1 = -2.7883

c2 = 1,863

a3 = -2,387

R = rasio saluran 10 dan 12, log (saluran 10/saluran 12).

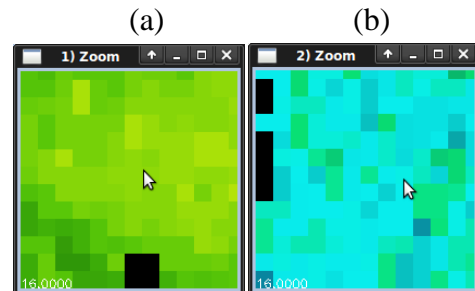
Pengolahan citra suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil

Hasil *pre-processing* citra belum memiliki koordinat, sehingga perlu dilakukan *map projection*. Proyeksi yang paling baik digunakan adalah proyeksi *Transerve Mercator*. Walaupun daerah penelitian hanya mencakup Jawa Tengah dan DIY, namun kajian memiliki cakupan (-6° LS hingga -13°

LS hingga 104° BT hingga 113° BT), untuk kemudahan analisis. Hasil akhir untuk suhu permukaan laut menggunakan perwarnaan SeaDas sesuai produknya yaitu suhu permukaan laut menggunakan *sst*, sedangkan untuk klorofil menggunakan *chlorophyll*.

Penentuan nilai rata-rata bulanan

Nilai suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil rata-rata bulanan dengan mengambil sampel menggunakan metode *Simpel Random Sampling*. Pengambilan sampel dilakukan secara manual dengan dengan melihat satu persatu titik pixel dengan bantuan *zoom*. Pengambilan sampel suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil harus memiliki koordinat yang sama agar dapat diketahui pengaruh antara kedua parameternya.



Gambar 1. *Zoom pixel* (a) Konsentrasi Klorofil; (b) Suhu Permukaan Laut.

Dalam kotak *zoom pixel*, sampel diambil dengan mempertimbangkan *pixel* warna yang lebih dominan antara kedua parameter. Seperti yang sudah diperlihatkan gambar 1 bahwa pengambilan sampel konsentrasi klorofil gambar 1 (a) memilih warna dominan hijau muda maka pada suhu permukaan laut gambar 1 (b) disesuaikan dengan koordinat yang diambil yang memiliki warna *pixel*nya dominan pada biru muda. Namun apabila salah satu parameter memiliki nilai *pixel* yang bervariasi, maka

pixel pasangan diambil dengan tetap mempertahankan koordinat yang sama. Pengambilan sampel ini dilakukan secara menyebar dalam satu *scene* citra MODIS, dengan mempertimbangkan variasi warna *pixel*.

Hasil produksi ikan

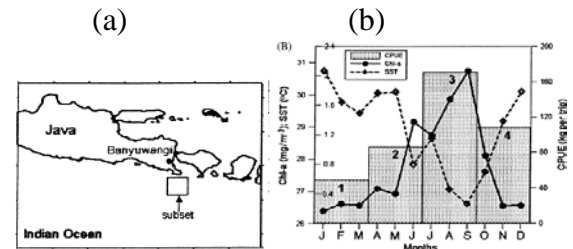
Berdasarkan habitatnya ikan pelagis dibagi menjadi ikan pelagis kecil dan ikan pelagis besar. Kelompok ikan *pelagis* besar termasuk *Tuna dan Cakalang* (Madidihang , Tuna Mata Besar, Albakora Tuna Sirip Biru, Cakalang), *Marlin* (Ikan Pedang, Setuhuk biru, Setuhuk hitam, Setuhuk loreng, Ikan Layaran), *Tongkol dan Tenggiri* (Tongkol dan Tenggiri) , dan *Cucut* (Cucut Mako). Sedangkan jenis ikan *pelagis kecil* termasuk *Karangaid* (Layang, Selar, Sunglir), *Klupeid* (Teri, Japuh, Tembang, Lemuru, Siro) dan *Skombroid* (Kembung). Data ikan diperoleh dari Dinas Perikanan dan Kelautan di seluruh Wilayah selatan Jawa Tengah dan DIY.

Analisis statistik dan pembuatan grafik

Identifikasi statistik diperlukan untuk mengetahui hubungan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil menggunakan metode korelasi yang diolah menggunakan SPSS 16.0. Nilai pengaruh hubungan kedua parameter yang dinyatakan dalam bentuk nilai koefisien korelasi (0 – 1). Hubungan positif apabila nilai suatu variabel ditingkatkan maka akan meningkatkan variabel yang lain, dan sebaliknya bila suatu variabel diturunkan maka akan menurunkan nilai variabel yang lain. Hubungan negatif apabila suatu variabel dinaikkan maka akan menurunkan nilai variabel yang lain dan juga sebaliknya bila suatu variabel di turunkan

maka akan menaikkan suatu variabel yang lain.

Analisis hubungan antara suhu permukaan laut dengan hasil produksi ikan pelagis dilapangan memanfaatkan pendekatan pembuatan grafik hubungan dari data kandungan klorofil, SPL dan data produksi ikan. Seperti pada gambar 2:



Gambar 2. (a) Peta daerah kajian; (b) Grafik hubungan SPL dan Konsentrasi klorofil (Hendiarti, dkk 2003)

Grafik batang menunjukkan hasil produksi ikan pelagis, sedangkan grafik garis menunjukkan suhu permukaan laut maupun konsentrasi klorofil.

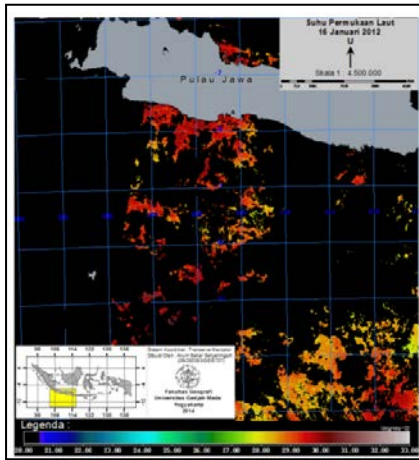
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil di setiap musim

Musim barat terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, memiliki angin yang berhembus dari Asia menuju Australia. Secara umum musim ini membawa lebih banyak curah hujan. Hal ini sangat berpengaruh terhadap suhu permukaan laut yang relatif lebih hangat, sedangkan konsentrasi klorofil memiliki nilai yang rendah.

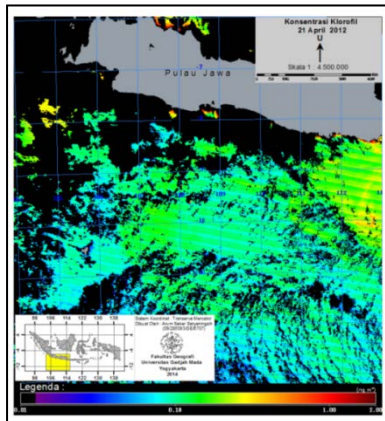
Suhu permukaan laut pada musim barat memiliki kisaran suhu antara 28°C hingga 31°C. Suhu ini tersebar merata di seluruh bagian perairan selatan Jawa pada bulan Desember, Januari dan Februari. Konsentrasi klorofil pada musim ini berkisar antara 0.07 mg/m³ hingga 0.3 mg/m³. Pada musim barat

kualitas citra kurang begitu baik untuk diidentifikasi, akibatnya banyak gangguan atmosferik yang terjadi.



Gambar 3. Suhu permukaan laut tanggal 16 Januari. (Pengolahan citra, 2013)

Musim Peralihan atau biasa dikenal dengan Musim Pancaroba awal tahun, terjadi pada bulan Maret, April dan Mei. Pada musim ini suhu permukaan laut maupun konsentrasi klorofil tidak menentu akibat perubahan musim barat menuju musim timur.

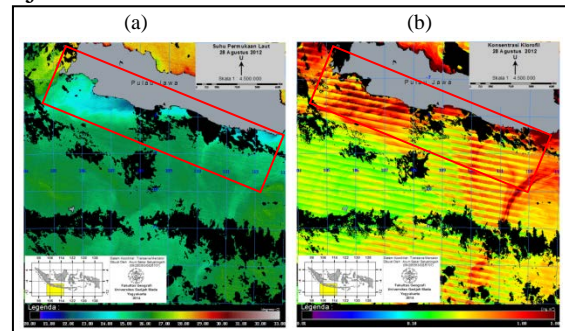


Gambar 4. Konsentrasi Klorofil tanggal 21 April. (Pengolahan citra, 2013)

Konsentrasi klorofil pada musim pancaroba awal tidak jauh berbeda dengan musim barat. Pada musim pancaroba konsentrasi klorofil memiliki kisaran antara $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ hingga $0.3\text{mg}/\text{m}^3$. Suhu

permukaan laut kondisi musim ini masih relatif hangat yaitu dengan kisaran suhu antara 27°C hingga 30°C . Namun pada bulan Mei kondisi suhu permukaan laut maupun konsentrasi klorofil mulai mengalami perubahan menyesuaikan dengan musim yang akan datang yaitu musim timur.

Musim Timur terjadi pusat tekanan yang tinggi di atas Australia dan tekanan yang rendah di atas Asia termasuk Indonesia, hal ini menyebabkan berhembusnya musim timur dengan arah angin yang berasal dari Australia menuju arah Asia termasuk Indonesia yang membawa sedikit curah hujan.



Gambar 5. (a) Suhu permukaan laut; (b) konsentrasi klorofil tanggal 28 Agustus, wilayah pada kotak merah mengindikasikan fenomena *upwelling* (Pengolahan citra, 2013)

Musim Timur terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus. Musim timur memiliki kondisi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil yang berbeda, dan memiliki hubungan yang erat dengan fenomena *upwelling*. Suhu permukaan laut memiliki kisaran suhu antara 24°C hingga 27°C , suhu yang dingin ini menjadi indikasi utama fenomena tersebut. Konsentrasi klorofil pada musim ini memiliki nilai yang berkisar $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ hingga $1\text{mg}/\text{m}^3$, yang termasuk dalam kategori konsentrasi yang tinggi. *Upwelling* secara garis besar memiliki indikasi suhu permukaan laut yang rendah

daripada sekitarnya di sertai dengan konsentrasi klorofil yang tinggi, (Nontji, 2007). Fenomena ini dapat dilihat pada gambar 5 yang berada dalam kotak merah mengindikasikan bahwa pada wilayah tersebut kemungkinan terjadi fenomena *upwelling*.

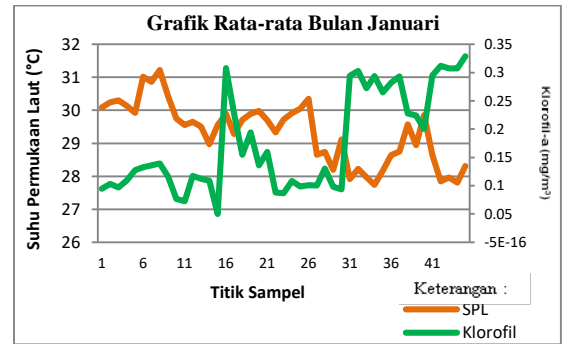
Beralihnya musim Timur menuju ke musim Barat yaitu musim pancaroba akhir tahun terjadi pada bulan September, Oktober dan November. Pada musim ini kondisi suhu permukaan laut berkisar 24°C hingga 29°C, suhu rendah berada pada bulan September sedangkan suhu mulai naik hingga pada akhir musim pancaroba di bulan November. Konsentrasi klorofil memiliki nilai yang berkisar antara 0.08mg/m³ hingga 1mg/m³. Akhir musim pancaroba semakin menunjukkan adanya perubahan musim baru yaitu musim barat, dinyatakan menghangatnya suhu permukaan laut dan rendahnya konsentrasi klorofil.

Hubungan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil

Hubungan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil memiliki hubungan yang saling berkaitan satu sama yang lainnya. Hubungan ini dinyatakan dalam nilai hasil korelasi yang kuat yang berkisar antara 0.5 – 0.8, baik memiliki hubungan yang negatif maupun yang positif.

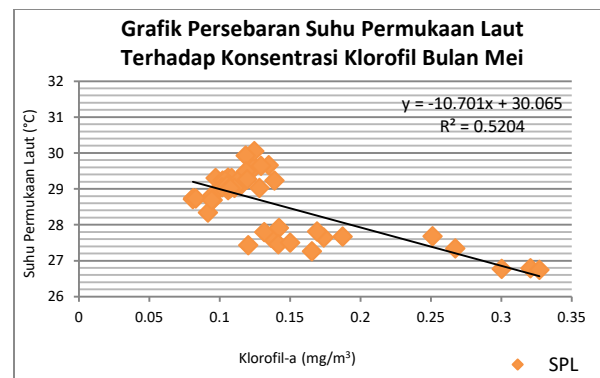
Pada musim barat misalnya bulan Januari memiliki hubungan yang dinyatakan dalam nilai korelasi -0.649 hubungan negatif berarti apabila salah satu variabel dinaikkan maka akan menurunkan variabel yang lain. Pada gambar 6 dapat menunjukkan bahwa pada suhu yang tinggi memiliki nilai konsentrasi yang rendah, dan sebaliknya pada konsentrasi

yang tinggi memiliki suhu yang rendah. Berdasarkan gambar 6 menggambarkan pola hubungan antara suhu permukaan laut dengan konsentrasi klorofil.



Gambar 6. Grafik Nilai Rata-rata SPL dan Konsentrasi Klorofil Bulan Januari. (Pengolahan citra, 2013)

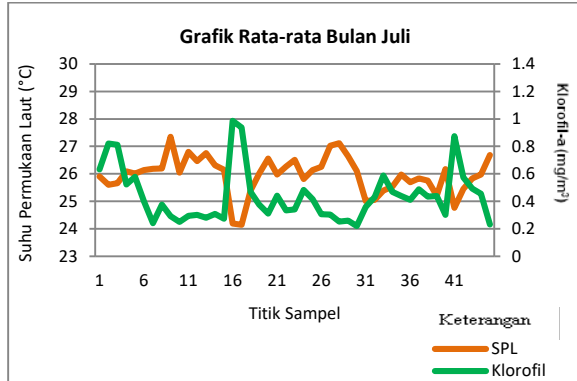
Pada musim pancaroba, contohnya bulan Mei suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil dengan jelas memiliki nilai yang stabil dan tidak terjadi banyak anomali yang tinggi. Nilai suhu permukaan laut berbanding lurus dengan nilai konsentrasi klorofil.



Gambar 7. Persebaran SPL terhadap konsentrasi klorofil bulan Mei. (Pengolahan citra, 2013)

Hubungan ini juga menunjukkan hasil statistik korelasi dengan nilai yang cukup kuat (-0.721). Berdasarkan gambar 7 kisaran suhu permukaan laut berada pada suhu 28°C - 30°C dan konsentrasi klorofil 0.1 mg/m³ - 0.15 mg/m³.

Musim timur pada bulan Juli sebagai contoh, mengalami penurunan hingga mencapai suhu 24°C (rendah). Kondisi suhu ini stabil sepanjang musim timur dengan konsentrasi klorofil yang cukup tinggi mencapai 0.8 mg/m³. Kondisi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Rata-rata Nilai SPL dan Konsentrasi Klorofil Bulan Juli. (Pengolahan citra, 2013)

Hubungan kedua variabel ini memiliki nilai yang tinggi yaitu -0.766. Hubungan yang sangat kuat antara kedua variabel menunjukkan naiknya konsentrasi klorofil akan disertai dengan turunnya nilai suhu permukaan laut, demikian sebaliknya. Pada gambar 8 terjadi beberapa anomali suhu permukaan laut maupun konsentrasi klorofil. Anomali ini terjadi akibat pengambilan titik sampel pada wilayah sekitar daratan. Fenomena ini berkaitan dengan kejadian *upwelling*, seperti yang dipaparkan pada penelitian Hendiarti (2003), Susanto (2004) dan buku dari Nontji (2007).

Musim pancaroba sebagai contoh adalah bulan Oktober, musim ini merupakan awal musim hujan, kondisi ini dapat mempengaruhi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil. Persebaran suhu permukaan laut yang tinggi diikuti dengan konsentrasi klorofil yang rendah. Kedua variabel suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil memiliki hubungan yang kuat ini

ditunjukkan oleh nilai korelasi -0.601, yang berarti apabila suhu permukaan laut naik maka konsentrasi klorofil semakin menurun.

Hubungan SPL dan Konsentrasi Klorofil Terhadap Hasil Produksi Ikan Pelagis

Ikan pelagis yang umumnya hidup pada suhu yang rendah memiliki cadangan makanan yang tinggi yang diindikasikan dengan nilai konsentrasi klorofil yang tinggi membuat kedua variabel ini sangat berpengaruh terhadap keberadaan makhluk hidup seperti ikan pelagis. Data tangkapan ikan yang diperoleh diasumsikan sebagian besar dari data hasil tangkapan para nelayan lokal di perairan selatan Jawa Tengah. Hal tersebut dikuatkan dengan dilakukannya beberapa wawancara terhadap beberapa nelayan lokal yang berada di daerah Tempat Pelelangan Ikan, sebagian besar nelayan lokal melaut mencapai lintang sekitar 9°LS. Pada tempat pelelangan ikan, terdapat beberapa nelayan dari daerah lain yang mendarat pada daerah tersebut dan menjual ikan hasil tangkapan. Hal ini menjadi kelemahan dan kekurangan data hasil produksi ikan yang diperoleh.

Data hasil produksi ikan tersedia dalam format periode tiga bulanan yang dinyatakan dalam kuartal I bulan Januari, Februari dan Maret; Kuartal II bulan April Mei dan Juni; Kuartal III bulan Juli, Agustus dan September; dan yang terakhir kuartal IV bulan Oktober, November dan Desember. Disisi lain musim di Indonesia terjadi pada bulan yang berbeda dengan kuartal pada data hasil produksi ikan yang ada. Namun dalam satu musim yang terjadi, hasil produksi tersebut masih dapat mewakili musim tersebut.

Data hasil produksi ikan pada musim barat diwakili oleh data pada bulan Januari dan Februari pada data kuartal I. Sedangkan bulan maret sebagai awal musim pancaroba masih memiliki pengaruh yang kuat oleh musim barat baik kondisi suhu permukaan laut maupun konsentrasi klorofil. Sehingga data produksi ikan dalam bentuk kuartal dapat digunakan untuk mewakili. Periode musim barat memiliki hasil produksi ikan pelagis yang rendah yaitu 919,37ton. Musim barat sendiri memiliki kondisi suhu permukaan laut dalam keadaan hangat yang mencapai suhu 30°C, yang dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil Terhadap Hasil Produksi Ikan Tahun 2012; Kotak Merah Mengindikasikan Terjadinya Fenomena *Upwelling*. (Pengolahan citra, 2013)

Pada musim pancaroba awal tahun keadaan suhu permukaan laut mengalami penurunan secara perlahan lahan mencapai suhu terendah yaitu sekitar 27°C, dapat dilihat pada gambar 9. Hasil produksi ikan pada musim pancaroba yang dinyatakan dalam kuartal II yang mengalami peningkatan mencapai 2.086,86 ton, atau dua kali lipat. Hal ini terjadi akibat adanya permulaan fenomena *upwelling* dimana cadangan makanan kemungkinan berlimpah,

sehingga menarik kawanan ikan untuk datang. Hasil produksi ikan pelagis pada kuartal II dapat mewakili suhu permukaan laut pada musim pancaroba bulan April dan Mei, sedangkan data bulan Juni masih memiliki pengaruh yang cukup kuat dengan musim pancaroba namun kondisi suhu permukaan lautnya sudah relatif rendah.

Pada musim timur yang umumnya memiliki banyak fenomena *upwelling* dapat dilihat pada gambar 9 dalam kotak merah, kondisi suhu permukaan laut mengalami penurunan yang drastis, mencapai suhu terendah pada tahun 2012, yaitu bersuhu 24°C. Penurunan suhu ini diiringi dengan melimpahnya hasil produksi ikan pelagis yang sangat tinggi pada kuartal III mencapai 5.232,51 ton. Kenaikan konsentrasi klorofil yang sangat tinggi mencapai lebih dari 0.6 mg/m³ dan suhu yang rendah pada musim timur membuat ikan pelagis dapat bertahan hidup dengan baik karena dapat beradaptasi dan berkembangbiak dengan baik.

Musim pancaroba akhir tahun ditunjukkan dengan semakin meningkatnya suhu permukaan laut gambar 9 yang diiringi dengan semakin berkurangnya hasil produksi ikan pelagis. Musim pancaroba diawali pada bulan September. Pada bulan ini suhu permukaan laut mengalami kenaikan suhu. Sedangkan pada bulan Desember sebagai awal musim barat suhu permukaan laut sudah naik (hangat) mencapai 29°C. Hasil produksi pada kuartal IV bulan Oktober, November dan Desember mengalami penurunan mencapai nilai 2.389,33 ton. Hasil produksi kuartal IV masih dapat mewakili 2 bulan setiap musim pancaroba.

Awal tahun musim barat kondisi konsentrasi klorofil yang rendah berkisar

kurang dari 0.2 mg/m^3 , dan sebanding dengan hasil produksi yang rendah, dapat dilihat pada gambar 10. Pada musim pancaroba awal tahun konsentrasi klorofil masih memiliki nilai yang rendah ($<0.2 \text{ mg/m}^3$), namun hasil produksi ikan tetap mengalami peningkatan.

Pada musim timur, konsentrasi klorofil memiliki nilai yang sangat tinggi mencapai 0.6 mg/m^3 yang diikuti dengan semakin banyaknya hasil produksi ikan pelagis. Suhu permukaan laut yang rendah dan konsentrasi klorofil yang melimpah membuat hasil produksi ikan semakin meningkat.

Musim pancaroba akhir tahun konsentrasi klorofil mengalami penurunan mencapai kurang dari 0.1 mg/m^3 .

V. KESIMPULAN

1. Kondisi SPL musim barat berkisar $28-31^\circ\text{C}$ dan klorofil berkisar $0.07-0.3 \text{ mg/m}^3$, musim pancaroba awal SPL berkisar $27-30^\circ\text{C}$ dan klorofil $0.08-0.3 \text{ mg/m}^3$, pada musim timur SPL berkisar $24-27^\circ\text{C}$ dan klorofil berkisar $0.1-1 \text{ mg/m}^3$, dan pada musim pancaroba akhir tahun SPL berkisar $24-29^\circ\text{C}$ dan klorofil $0.08-1 \text{ mg/m}^3$.
2. Hubungan SPL dan klorofil dinyatakan dalam nilai korelasi yang memiliki nilai yang baik berkisar $0.5 - 0.8$ baik hubungan yang bersifat positif maupun negatif.
3. Hasil produksi ikan pelagis yang tinggi terjadi pada kondisi suhu permukaan laut yang rendah dan konsentrasi klorofil yang tinggi. SPL yang bersuhu dingin berkisar $24-27^\circ\text{C}$ memiliki hasil produksi ikan pelagis yang tinggi mencapai $5.232,51$ ton dengan kondisi klorofil yang tinggi mencapai lebih dari 0.6 mg/m^3 .

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1999). ATBD version 2.0 *Sea Surface Temperature* dan version 7.0 *Chlorophyll-a* dari <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/algorithm>.
- Hendiarti, N, dkk . 2003. Investigation of different coastal processes in Indonesia waters using Sea WiFS data. *Deep-sea Research*.
- Hendiarti, N, dkk. 2005. Seasonal Variation of Pelagic Fish Catch Around Java. *Journal Oceanography*.
- Hutabarat, S dan S.M Evans. 1985. Pengantar Oseanografi. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Nontji, A. 2007. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Raven, Peter H, dkk. (2005). *"Photosynthesis, Light, and Life"*. *Biology of Plants* (7th ed.). W.H. Freeman. pp.119–127. ISBN0-7167-9811-5. http://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll_a
- Susanto, R.D, A.L Gordon, and Q. Zheng. 2004. Upwelling along the coasts of Java and Sumatra and its relation to ENSO. Columbia University.