

## PEMANFAATAN DATA KONSENTRASI KLOORIFIL-A DARI CITRA PENGINDERAAN JAUH UNTUK MENDUKUNG OPERASI KEAMANAN LAUT(STUDI KASUS PERAIRAN ARAFURU)

Eko Kurniawan<sup>1</sup>, Agus Iwan S<sup>2</sup>, Gathot Winarso<sup>3</sup>, Imam Bachrodin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>2</sup>Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>3</sup>Peneliti dari Pusat Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh, LAPAN

<sup>4</sup>Peneliti dari Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL

### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah lautan yang sangat luas dan kekayaan ikan yang luar biasa. Hal tersebut memungkinkan terjadinya tindak kejahatan di laut, contohnya adalah kejahatan pencurian ikan dan sumber daya laut lainnya. Indonesia dalam hal ini TNI AL dihadapkan dengan berbagai kendala antara lain keterbatasan jumlah kapal patroli yang ada belum sebanding dengan luasnya perairan yang harus di-cover serta keterbatasan anggaran yang tersedia untuk operasional dalam rangka melaksanakan operasi penegakan hukum di laut. Dengan keterbatasan-keterbatasan itu maka diperlukan efektifitas dan efisiensi dalam operasi agar penindakan kejahatan di laut tetap bisa dilaksanakan dan kekayaan laut tetap terjaga.

Pemanfaatan teknologi Inderaja dengan satelit dapat memberikan informasi yang cepat dengan cakupan yang luas. Penelitian ini menggunakan data Citra Aqua-MODIS level2 untuk mendeteksi distribusi konsentrasi klorofil-a yang merupakan indikator kesuburan perairan suatu luasan area yang berhubungan erat dengan hasil perikanan melalui proses *bottom-up* yang implementasinya area dengan nilai kesuburan perairannya tinggi merupakan area yang rawan terjadi tindak kejahatan salah satu contohnya adalah penangkapan ikan ilegal/pencurian ikan.

Dari hasil pengolahan data citra satelit Aqua- MODIS berupa pola waktu dan lokasi konsentrasi klorofil-a dan diverifikasi dengan data VMS mengindikasikan bahwa ada hubungan erat, dimana pada waktu dan area dengan nilai konsentrasi klorofil-a tinggi, terpantau banyak aktifitas kapal penangkap ikan, sehingga dalam pemanfaatannya hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai data pendukung dalam penentuan arah dan waktu operasi khususnya operasi terhadap tindak kejahatan penangkapan ikan ilegal, yang akhirnya operasi keamanan laut bisa menjadi lebih efektif dan efisien dan keberhasilan dapat lebih ditingkatkan.

**Kata kunci :** Wilayah laut, klorofil-a, efektif dan efisien

### ABSTRACT

*Indonesia is the largest archipelago in the world with a vast ocean areas and the richness of the fish. It allows the occurrence of crime at sea, for example is a crime of theft of fish and other marine resources. Indonesia in the regard Indonesian Navy confronted with various obstacles, among others, the limitation of the number of patrol boats that are not proportional to the extent of waters that should be on the cover as well as the limitations of the available budget for operational activities in the frame work of the implementation of law enforcement operations related crime at sea. With the limitation of that than required effectiveness and efficiency in operations to crime at sea can still be implemented and the richness of the sea remains awake.*

*The utilization of remote sensing satellite technology capable of delivering information quickly with a broad scope. This research use the MODIS Aqua Image data Level 2 to detect the distributions of chlorophyll-a concentration which is an indicator of the fertility of the waters of an area the area is closely connected with the fisheries through the implementations process of bottom up areas with transparent high fertility rate is an area that's prone to fish theft crime occurred.*

*From the result of the data processing MODIS-Aqua Satellite image pattern tme and location of the concentration of chlorophyll-a and verified by VMS data indicate that there is a close relationship where a times and areas with a high concentration of chlorophyll observed a lot of fishing activity, so it is used in this research can be used as supporting data in determining the direction and timing of the operation in particular operations against crimes the theft of fish, finally the marine security operations could become more effective and efficient and success can be further improved.*

**Keywords :** Sea area, chlorophyll-a, effective and efficient.

## Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, dengan wilayah lautan yang sangat luas dan mempunyai kekayaan dan keanekaragaman hayati laut yang juga terbesar di dunia dengan ekosistem pesisir dan kekayaan ikan yang luar biasa. Dengan wilayah lautan yang sangat luas yang dimiliki Indonesia sangat memungkinkan terjadinya kejahatan pencurian hasil laut terutama ikan. Setiap tahun kapal asing yang mencuri hasil laut di Perairan Indonesia mencapai 1.000 kapal yang tersebar di Perairan Natuna, Arafuru, Laut Sulawesi dan daerah-daerah lainnya.

Seperti yang dikutip dari media Tempo Desember 2012, Kepala Dinas Kelautan dan Perikanan Kalbar, Gatot Rudiyo mengatakan, di Kalbar saja telah mengalami kerugian sekitar Rp 20 triliun " Lain lagi jika kerugian dihitung dari Perairan Arafuru, Laut Sulu dan Laut China Selatan mencapai Rp 50 triliun,".

Operasi penegakan hukum terkait penindakan kejahatan di laut sangat membutuhkan biaya tinggi sehingga optimalisasi dalam operasi sangat diperlukan, dukungan logistik terutama masalah bahan bakar memegang peranan yang sangat penting dalam operasional unsur-unsur KRI, oleh karena itu ketersediaan bahan bakar sangat berpengaruh terhadap jumlah waktu operasi, ketahanan KRI di laut, dan kecepatan KRI (kecepatan ekonomis, jelajah maksimum). Mengingat bahwa adanya potensi tindak kejahatan yang terjadi di Perairan Arafuru dapat terjadi setiap saat, maka diperlukan juga pengamanan yang juga setiap saat atau setiap hari atau 360 hari dalam satu tahun, yang kesemua itu belum terlaksana karena permasalahan keterbatasan tersebut.

Untuk menyikapi dan menyiasati keterbatasan itu, maka perlu adanya suatu cara baru/teknik berbasis teknologi yang salah satunya adalah dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*). Dengan *remote sensing* dapat diperoleh data dan informasi yang cepat, akurat dan jangkauan yang luas yang nantinya dapat mendukung operasi keamanan yang lebih terencana dengan baik sehingga pergerakan KRI menjadi lebih efektif dan terarah, yang akhirnya pemakaian logistik dalam hal ini bahan bakar menjadi lebih efisien. Dari citra satelit penginderaan jauh ini dapat diperoleh data/informasi yang nantinya akan diolah dan diproses sedemikian rupa hingga menghasilkan data yang berupa informasi pola nilai konsentrasi klorofil-a pada suatu luasan area di perairan yang selanjutnya dapat dikaitkan dengan pola dan rencana pergerakan dalam operasi keamanan laut.

Klorofil-a merupakan salah satu pigmen yang paling dominan terdapat pada fitoplankton dan berperan dalam proses fotosintesis.

Ekosistem bahari di bumi hampir seluruhnya bergantung pada aktifitas fotosintesis tumbuhan bahari pada saat proses fotosintesis, fitoplankton menghasilkan zat asam yang berguna bagi ikan. Fitoplankton berperan sebagai *primary producer* atau penghasil awal dalam rantai makanan di perairan. Selanjutnya, fitoplankton akan dimakan oleh pemakan awal (*primary consumer*) dan pemakan selanjutnya. Pada umumnya ikan-ikan pelagis kecil berada pada tingkat *primary consumer*, yaitu pemakan plankton. Tingkat kesuburan perairan (produktifitas perairan) juga dapat ditunjukkan dengan konsentrasi klorofil yang terdapat di perairan tersebut, sehingga menjadi daya tarik bagi jenis-jenis ikan yang bersifat *plankton feeder*.

Dengan mengetahui informasi fondasi pertama rantai makanan ini, maka informasi daerah-daerah yang diduga terdapat banyak ikan dapat diketahui, selanjutnya dapat diprediksi di daerah atau area mana akan banyak pelaku penangkapan ikan, baik oleh nelayan kita maupun oleh pelaku kejahatan penangkapan ikan yang ilegal. Dengan diketahuinya informasi daerah-daerah atau area mana yang diduga terdapat banyak pelaku penangkapan ikan maka informasi tersebut dapat dijadikan salah satu pertimbangan dalam penentuan waktu dan lokasi tujuan pergerakan kapal-kapal patroli sehingga pelaksanaan operasi nantinya menjadi lebih terarah efektif dan efisien berbekal informasi yang bisa diandalkan keakuratannya.

Dewasa ini, distribusi kandungan klorofil-a dapat dideteksi dengan menggunakan satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM) dengan sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Distribusi kandungan klorofil tersebut kemudian dapat diimplementasikan guna menentukan daerah penangkapan ikan.

Melihat besarnya kemungkinan terjadinya kejahatan di laut terutama terhadap pencurian ikan di wilayah perairan Indonesia secara umum dan khususnya di Perairan Arafuru, dan seiring semakin pesatnya perkembangan teknologi pada bidang penginderaan jauh (Inderaja), maka perlu adanya pemanfaatan teknologi maju tersebut secara maksimal dengan tersedianya informasi daerah daerah penangkapan ikan. Daerah-daerah penangkapan ikan ini pada posisi tertentu bisa menjadi daerah yang rawan. Dengan diketahuinya informasi daerah rawan kejahatan terutama terhadap pencurian ikan ini diharapkan arah operasi menjadi lebih terarah. Keberhasilan dalam setiap operasi juga meningkat sehingga secara langsung atau tidak langsung memberi kontribusi yang lebih terhadap berkurang atau hilangnya tindak kejahatan terhadap sumber daya laut yang ada dan dimiliki negara. Dengan demikian, kerugian negara, kerusakan ekosistem laut dapat diminimalisir dan sekaligus dapat menghilangkan

potensi ancaman terhadap kedaulatan negara. Oleh karena itu, penelitian mengenai *Pemanfaatan Data Konsentrasi Klorofil-A Dari Citra Penginderaan Jauh untuk Mendukung Operasi Keamanan Laut* menjadi sangat perlu untuk dilakukan.

### Rumusan Masalah

Perairan Arafuru merupakan daerah yang luas dan berpotensi terjadi banyak kasus kejahatan pencurian sumber daya laut dan penangkapan ikan ilegal, terbukti dengan adanya kapal-kapal pelaku kejahatan tersebut yang tertangkap oleh patroli TNI-AL ketika sedang beroperasi di perairan tersebut. Keterbatasan jumlah kapal patroli dan luasnya area perairan yang harus di-cover serta besarnya anggaran yang diperlukan untuk operasional kapal yang ada merupakan kendala yang harus dihadapi, sehingga diperlukan perencanaan yang baik dan akurat agar operasi keamanan harus tetap bisa dilaksanakan dan target keberhasilan harus bisa dicapai. Teknologi penginderaan jauh dengan satelit dapat memberikan informasi yang baik dan akurat dengan cakupan yang luas, sehingga informasinya bisa data pendukung dalam pelaksanaan operasi keamanan laut sehingga operasi bisa dilaksanakan secara efektif dan efisien dan keberhasilan dapat lebih ditingkatkan.

Satelit EOS aqua dengan Sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dapat mengukur hampir semua parameter darat, laut, dan udara sehingga kegunaannya menjadi sangat luas. Mulai dari indeks tumbuhan, kelembaban tanah, kadar aerosol di udara, suhu permukaan laut, dan kandungan klorofil laut.

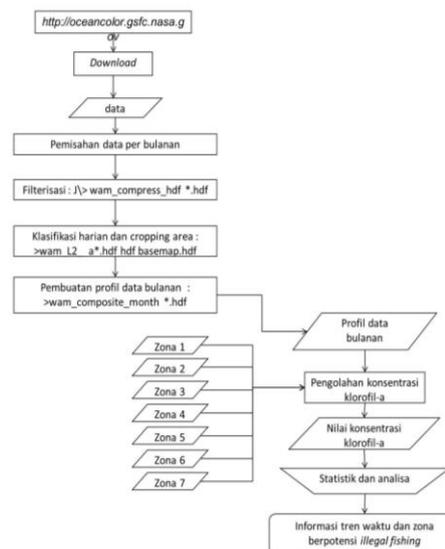
Dengan kemajuan teknologi tentang satelit ini, seberapa jauh dapat dimanfaatkan dan diaplikasikan menjadi bentuk informasi yang akurat, *up to date* dan terpercaya untuk mendukung TNI-AL dalam fungsi dan tugasnya yaitu operasi keamanan laut, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang seberapa jauh teknologi Inderaja khususnya citra satelit Aqua-MODIS dapat memberikan informasi yang akurat dan terpercaya sehingga secara signifikan dapat digunakan untuk memerangi kejahatan-kejahatan yang terjadi di laut.

### Batasan Masalah

Untuk mempertajam dan mengarahkan tulisan ini, maka penulisan ini dibatasi pada penelitian konsentrasi klorofil-a dari data citra satelit Aqua dengan sensor MODIS yaitu dengan melaksanakan pengolahan data citra harian dari data MODIS level 2 dari bulan Januari 2008 sampai dengan bulan Desember 2012 (data citra

5 tahun). Peneliti melaksanakan pengolahan citra MODIS Level 2 ini dengan menggunakan perangkat lunak WimSoft. Hasil pengolahan dan perhitungan berupa pola sebaran konsentrasi klorofil-a pada luasan area penelitian. Pola sebaran konsentrasi klorofil-a pada luasan area ini merupakan indikator kesuburan yang ada pada suatu waktu dan lokasi tertentu yang kemudian dapat diimplementasikan untuk menentukan zona dan waktu yang berpotensi untuk penangkapan ikan yang juga merupakan zona dan waktu yang rawan terjadinya tindak kejahatan di laut.

### Alur Pikir Penelitian



### Metode Pengolahan Data

Data yang digunakan adalah data citra dari satelit Aqua – MODIS *level 2* dengan resolusi spasial 1000 m. Data awal di-*download* dari *website* milik NASA. Data satelit Aqua- MODIS *level 2* sudah terkoreksi geometrik dan radiometrik dalam format *HDF file*(*Hierachical Data Format*), dan memiliki nilai konsentrasi klorofil-a dalam satuan mg/m<sup>3</sup>.

Data citra harian *level 2* dari Bulan Januari 2008 sampai Desember 2012 selanjutnya diproses lanjut untuk menghasilkan data yang lebih informatif. Proses pengolahan menggunakan perangkat lunak WimSoft. Data harian diolah menjadi data rata-rata bulanan. Selanjutnya dari rata-rata bulanan selama 5 tahun ini dapat diketahui variasinya. Variasi bulanan dari data harian selama 5 (lima) tahun inilah yang merupakan informasi pola waktu dan lokasi distribusi konsentrasi klorofil-a di area penelitian dan merupakan hasil akhir pengolahan pada penelitian ini.

Tahapan dalam pemrosesan data secara digital dari data citra satelit Aqua – MODIS ini sampai mendapatkan hasil berupa pola waktu dan lokasi distribusi konsentrasi klorofil-a adalah sebagai berikut.

1. Citra MODIS dari satelit Aqua hasil dari perekaman oleh NASA dipesan melalui e-mail ke <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov> sesuai dengan data tanggal, bulan, dan tahun perekaman yang diinginkan. E-mail pemesanan yang telah dikirim tersebut, diverikasi dan disiapkan dalam sejumlah data harian yang diminta. Kemudian, NASA memberikan alamat *website* dimana data yang diminta itu bisa diunduh (*download*).
2. Dari alamat *website* yang diberikan tersebut baru bisa dilaksanakan proses pengunduhan (*download*). Data citra yang telah diperoleh dalam format *HDFfile* kemudiandiekstraksi dan dipilah menjadi data bulanan pada setiap tahunnya.
3. Proses selanjutnya dilakukan penyortiran data/*file* untuk memisahkan antara data perekaman yang layak proses (*good*) dengan data yang tidak layak proses (*bad*). Data tidak layak proses merupakan data *corrupt* yang terjadi pada saat prosesi *download*, sehingga data ini tidak bisa diproses secara lebih lanjut. Proses ini menggunakan program *command prompt* yang sudah ter-*instal* dan *compatible* dengan program WimSoft.
4. Data-data yang sudah terpilih menjadi data yang bisa diproses lanjut kemudian di-*cropping* dandikoreksi posisi geometrisnyasecara digital disesuaikan dengan area penelitian.
5. Proses selanjutnya adalah pembuatan profil rata-rata bulanan, yaitu merata-ratakan data harian menjadi data bulanan setiap tahunnya secara digital.
6. Proses berikutnya adalah membuat zona-zona pengolahan dengan menu yang terdapat pada program WimSoft. Area penelitian dibagi dalam beberapa zona. Hal ini dimaksud untuk mengetahui pola masing – masing zona.
7. Pada tahapan selanjutnya profil bulanan bersama dengan zona-zona yang sudah ditentukan diolah dalam satu proses pengolahan dengan *software* Wimsoftdan

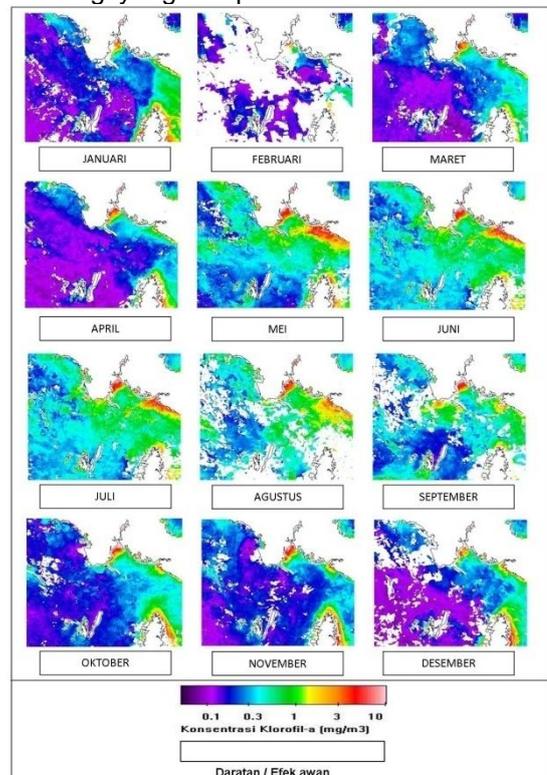
menghasilkan informasi konsentrasi masing-masing zona dalam bentuk tabel. Dari tabel ini, kemudian menghasilkan tampilan grafik yang menunjukkan nilai konsentrasi klorofil-a dan pola waktu yang bervariasi sesuai dengan zona dalam area penelitian.

8. Variasi nilai yang membentuk pola waktu dan lokasi distribusi konsentrasi klorofil-a pada zona-zona di area penelitian ini yang kemudian dianalisa secara lebih lanjut.

## Hasil dan Pembahasan

Variasi bulanan selama 5 tahun konsentrasi klorofil-a sebagai indikator kesuburan perairan dan potensi penangkapan ikan telah diolah dan dianalisa. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pola waktu kenaikan konsentrasi klorofil-a secara umum di lokasi penelitian.

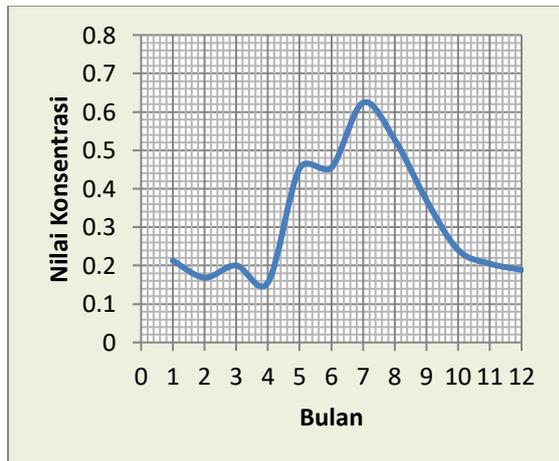
Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu yang potensial saat penangkapan ikan. Potensi penangkapan ikan tinggi akan berhubungan dengan maraknya kejahatan di laut contohnya adalah pencurian ikan, karena pelaku kejahatan kemungkinan juga menggunakan teknologi yang hampir sama.



Citra Konsentrasi Klorofil-a Tahun 2008

Bulan	Nilai Konsentrasi (mg/m <sup>3</sup> )
1	0.212635
2	0.168904
3	0.200489
4	0.155912
5	0.453031
6	0.454552
7	0.623957
8	0.527752
9	0.370208
10	0.240659
11	0.205073
12	0.188649

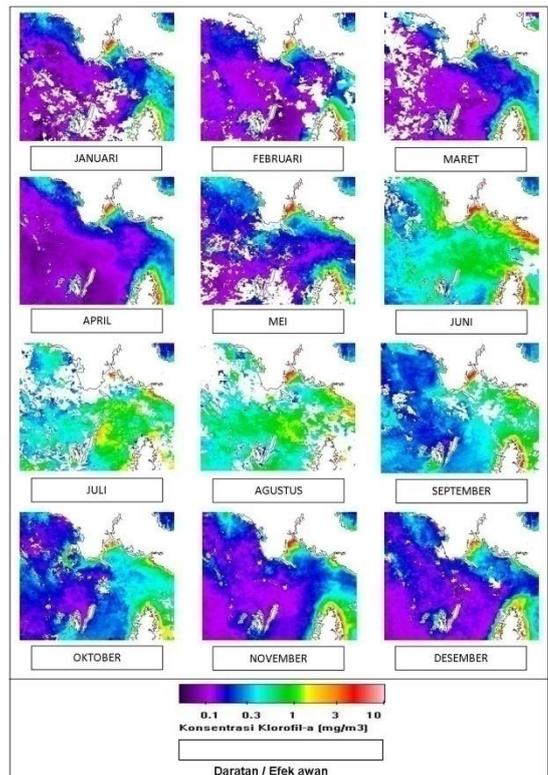
Tabel nilai Konsentrasi Tahun 2008



Grafik Konsentrasi Klorofil-a pada Tahun 2008

Informasi sebaran konsentrasi klorofil bulanan di lokasi penelitian pada Tahun 2008 dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Variasi klorofil-a rata-rata selama 5 tahun berkisar antara 0.156 mg/m<sup>3</sup>- 0.624 mg/m<sup>3</sup>. Nilai konsentrasi klorofil-a sebesar 0.156 mg/m<sup>3</sup> termasuk dalam kisaran rendah, dimana konsentrasi ini biasa dimiliki oleh perairan samudera pada perairan tropis yang rendah masukan zat hara (nutrien).

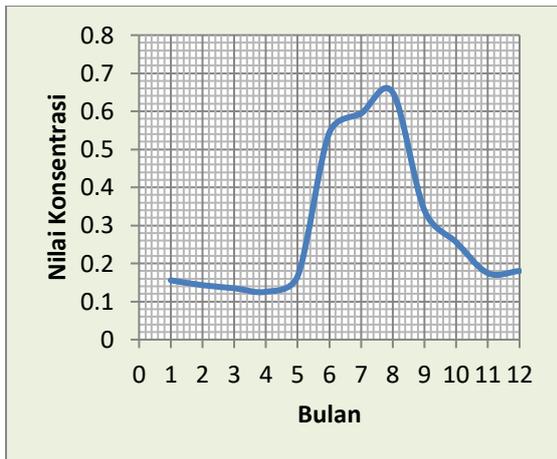
Nilai konsentrasi klorofil-a pada Bulan Agustus menuju Bulan September cenderung menurun sebesar 0.158 mg/m<sup>3</sup>. Kecenderungan penurunan nilai konsentrasi klorofil-a terus berlanjut hingga bulan Desember Tahun 2008. Pada citra terlihat warna merah dekat garis pantai mengindikasikan bahwa pengaruh pesisir lebih dominan dari pada di tengah laut.



Citra Konsentrasi Klorofil-a Tahun 2012

BULAN	Nilai Konsentrasi (mg/m <sup>3</sup> )
1	0.155851
2	0.143068
3	0.135025
4	0.125788
5	0.166644
6	0.543563
7	0.59408
8	0.649272
9	0.339736
10	0.256158
11	0.174705
12	0.180353

Tabel nilai Konsentrasi Tahun 2012



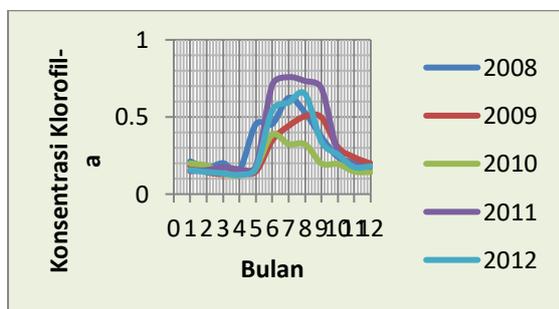
Grafik Konsentrasi Klorofil-a pada Tahun 2012

Konsentrasi klorofil-a di Bulan Januari sebesar  $0.156 \text{ mg/m}^3$ , dan terus menurun pada Bulan Februari-April. Pada Bulan April-Mei, konsentrasi klorofil-a naik menjadi  $0.167 \text{ mg/m}^3$ , namun pada Bulan Juni-Agustus, konsentrasi klorofil-a cenderung meningkat, yaitu berkisar pada  $0.544 \text{ mg/m}^3$ - $0.649 \text{ mg/m}^3$ . Pada Bulan Agustus-September, konsentrasi klorofil-a berkurang sebesar  $0.31 \text{ mg/m}^3$ , dan terus menurun hingga Bulan Desember.

Nilai konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada bulan Agustus, yaitu sebesar  $0.649 \text{ mg/m}^3$ . Pada Bulan April, merupakan kondisi dimana konsentrasi klorofil-a lebih rendah dibandingkan bulan lainnya pada Tahun 2012, yaitu mencapai  $0.126 \text{ mg/m}^3$ .

#### Konsentrasi Klorofil-a Pada Tahun 2008 – 2012

Secara umum di area penelitian, konsentrasi klorofil-a tinggi pada Bulan Juni - September dan bertepatan dengan Muson Timur (periode Juni-Agustus).



Di perairan Indonesia umumnya, sirkulasi massa airnya sangat bergantung oleh adanya iklim Muson. Wirtky (1961) mengatakan bahwa perairan Indonesia pada Bulan Juni-September mengalami Muson Tenggara (Musim Timur). Pada Bulan Desember-Maret terjadi Muson Barat Laut (Musim Barat).

Fenomena musim tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan pola pada pola arus permukaan perairan Indonesia, dimana pada musim timur arus bergerak ke arah barat dan Musim Barat arus terutama bergerak ke arah timur. Arah arus yang bergerak ke arah barat sementara sisi sebelah timur adalah daratan, membuat perairan menjadi kekurangan air karena massa air yang bergerak ke arah barat. Kekosongan massa air inilah yang menyebabkan naiknya massa air dari bawah yang biasa disebut dengan *upwelling*. Hal ini yang mengakibatkan perubahan kondisi suatu perairan, diantaranya variasi temperatur dan salinitas permukaan laut, serta pola sebaran nutrisi (nitrat, fosfat, dan silikat) secara vertikal dan horizontal, yang tentunya juga berpengaruh terhadap produktivitas primer di area tersebut.

Seperti halnya dengan perairan Indonesia pada umumnya, Perairan Arafuru juga mengalami perubahan yang diakibatkan oleh adanya musim yang sedang berlaku. Fenomena *upwelling* dan Arlindo adalah contohnya dimana variasi temperatur dan salinitas yang ditimbulkannya menjadi sangat signifikan. Fenomena *upwelling* di Perairan Indonesia timur banyak terjadi pada musim timur, sehingga mengakibatkan konsentrasi karbon laut Indonesia bagian timur rata-rata lebih tinggi pada musim timur dibandingkan pada musim barat (<http://aisyahuda.blogspot.com>). Perairan Arafuru merupakan perairan yang dinamik, selain dipengaruhi oleh angin muson juga oleh masukan massa air dari perairan lepas Indonesia bagian timur. Perbedaan tinggi muka air antara bagian barat tropik Samudera Pasifik dengan Samudera Hindia dan adanya selat-selat yang terbuka terhadap samudera Hindia memungkinkan mengalirnya massa air Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang membawa material organik sumber nutrisi.

Selain proses *upwelling* dan pengadukan oleh angin, pemasukan nutrisi bisa terjadi dari aliran sungai dan daratan. Air sungai membawa material organik sebagai sumber nutrisi dan akan semakin tinggi waktu musim hujan. Akan tetapi, pengaruh ini hanya terjadi pada daerah dekat pantai dan tidak menyebar hingga ke laut lepas.

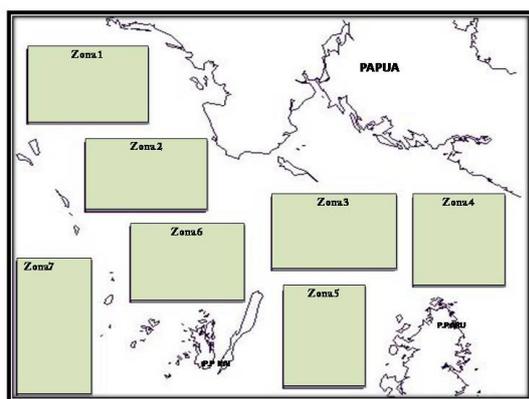
Dari analisa bulanan setiap tahun, dari Tahun 2008-2012, pola kenaikan konsentrasi klorofil-a memiliki kecenderungan hampir sama, yaitu dimulai Bulan Mei-September. Nilai konsentrasi klorofil-a mulai naik pada Bulan Mei dan sudah tinggi pada Bulan Juni, kecuali pada Tahun 2008, konsentrasi mulai naik pada Bulan April dan sudah tinggi pada Bulan Mei. Pada tahun ini kenaikan terjadi satu bulan lebih awal. Kemudian konsentrasi klorofil-a kembali menurun

pada Bulan Oktober, kecuali pada Tahun 2010, konsentrasi klorofil-a mulai turun pada Bulan September, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Terkait dengan analisa waktu pola kenaikan potensi penangkapan ikan, yang akan dikaitkan dengan waktu operasi kama, hasil tersebut di atas bisa dijadikan acuan. Secara umum pada lokasi penelitian, waktu yang direkomendasikan untuk operasi keamanan laut adalah Bulan Juni, Juli, Agustus, dan September, karena kenaikan konsentrasi klorofil-a terjadi pada bulan tersebut, hal ini terjadi di semua tahun selama Tahun 2008-2012. Tetapi perlu diperhatikan adanya kemungkinan pergeseran awal dan akhir waktu naiknya konsentrasi klorofil-a. Sebagaimana terjadi pada Tahun 2008 dimana kenaikan konsentrasi klorofil-a sudah dimulai dari Bulan April dan berakhir lebih cepat sebagaimana terjadi pada Tahun 2010 yaitu sudah rendah pada Bulan September.

Secara statistik bahwa anomali ini terjadi hanya dalam 1 tahun selama 5 tahun, sehingga secara umum waktu yang direkomendasikan dapat digunakan untuk waktu-waktu yang akan datang. Walaupun dapat digunakan untuk prediksi tahun berikutnya, akan tetapi faktor-faktor yang mempengaruhi adanya anomali tersebut harus terus dipelajari. Secara umum perairan Indonesia dipengaruhi oleh fenomena global yaitu *El Nino*, IOD (*Indian Ocean Dipole*) dan Arlindo. Secara khusus di lokasi penelitian juga akan dipengaruhi oleh faktor-faktor secara lokal.

### Konsentrasi Klorofil-a dalam Zonasi Penelitian



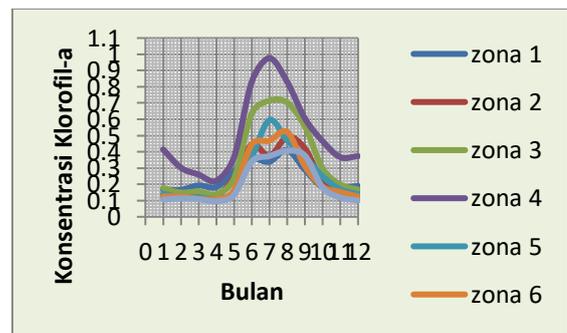
Untuk mengetahui karakter sebaran konsentrasi klorofil-a bulanan di area penelitian, maka area penelitian dibagi dalam zona pengamatan dan penghitungan seperti pada gambar 4.12. Pembagian zona dilakukan untuk mengetahui perbedaan tren bulanan antar zona dalam 1 (satu) area penelitian. Jika diantara zona tersebut memiliki karakter yang berbeda dengan

zona lainnya, maka tindakan/penanganan di area tersebut idealnya harus berbeda dengan zona lainnya. Misalnya dalam hal penetapan jadwal/waktu operasi terhadap aplikasi informasi pola sebaran konsentrasi klorofil-a sebagai informasi pendukung untuk pembuatan perencanaan operasi keamanan laut.

Area penelitian dibagi dalam 7 (tujuh) zona yang mewakili seluruh luasan area penelitian di perairan Arafuru, Penelitian ini tidak membahas perairan dekat pantai sehingga zona-zona yang dibuat posisinya jauh dari pantai. Hal ini dilakukan untuk meneliti daerah yang rawan pencurian ikan yang umumnya terjadi ditengah-tengah laut. Selain itu, perairan dekat pantai lebih didominasi pengaruh daratan atau pesisir, sehingga sangat dimungkinkan terjadinya *over* estimasi algoritma untuk estimasi penghitungan konsentrasi klorofil-a nya. Faktor kekeruhan perairan sekitar pantai adalah contoh dari pengaruh daratan atau pesisir tersebut.

### Variasi Konsentrasi Klorofil-a Pada Zona Berbeda

Dari hasil pengolahan data citra 5 (lima) tahun pada 7 (tujuh) zona yang mewakili sepanjang area penelitian, yaitu di perairan Arafuru ditunjukkan berupa keterangan gambar, tabel dan grafik. Dapat diketahui bahwa nilai sebaran rata-rata konsentrasi klorofil-a dari zona 1-7 bervariasi, yaitu antara 0.096 mg/m<sup>3</sup>-0.976 mg/m<sup>3</sup>. Pola sebaran secara *temporal* terjadi pada Bulan Mei-Oktober dan rata-rata tinggi pada Bulan Juni, Juli, dan Agustus, yaitu berkisar antara 0.339-0.976 mg/m<sup>3</sup>.



Pola sebaran konsentrasi klorofil-a dilihat secara *spasial* per zona, dari zona 1 sampai zona 7 pergerakan kenaikan konsentrasinya ada yang sedikit berbeda yaitu pada zona 1 dan zona 2. Pada zona 1 dan 2 kecenderungan kenaikan nilai konsentrasi rata-ratanya mulai naik pada bulan April dan rendah mulai bulan Oktober atau pergerakan kenaikan konsentrasinya lebih cepat (mendahului) daripada zona lainnya (zona 3-7) yang pola peningkatannya baru dimulai pada bulan Mei.

Dalam implementasinya, hal ini dapat menjadi indikasi bahwa kemungkinan terjadinya penangkapan ikan akan banyak pada waktu yang secara umum bersamaan tetapi secara khusus masih ada perbedaan di zona-zona tertentu, misalnya di zona 1 dan 2 yang berbeda dengan zona 4 sampai zona 7. Dimana zona 1 dan 2 pola penarikan konsentrasinya lebih awal dan turunnya lebih cepat dibandingkan dengan zona 3 sampai zona 7, sehingga pada zona yang mempunyai karakter berbeda tersebut dalam aplikasinya perlu perlakuan atau langkah yang berbeda juga dalam membuat perencanaan operasi keamanan laut.

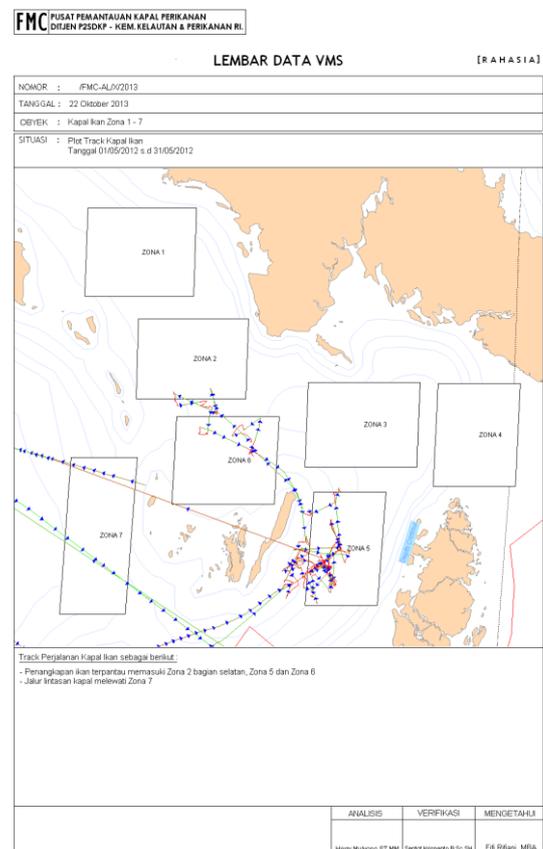
Dengan melihat variasi nilai konsentrasi klorofil-a selama 5 tahun ini dapat diprediksikan bahwa pola sebaran konsentrasi pada tahun-tahun selanjutnya tidak akan banyak berubah dari pola yang sudah diketahui, akan tetapi masih sangat perlu diperhatikan juga faktor-faktor lain yang berpengaruh terhadap perubahan pola berikutnya, misalnya disebabkan adanya fenomena iklim dan pemanasan global seperti fenomena *El Nino*, *La Nina* atau *Dipole Mode*, dan fenomena iklim regional seperti sirkulasi Monsun Asia-Australia.

### Verifikasi Menggunakan Data VMS

Dari verifikasi antara hasil pengolahan data citra konsentrasi klorofil-a dari Tahun 2008-2012 dengan data hasil pemantauan VMS P2SDKP-KKP Tahun 2011-2012, dapat disimpulkan bahwa secara *temporal* ada kaitan yang erat antara pola konsentrasi klorofil-a dengan kecenderungan aktifitas kapal-kapal penangkap ikan yang beroperasi. Pola konsentrasi klorofil-a yang nilainya naik mulai Bulan Mei dan tinggi Bulan Juni-Agustus, sama dengan kecenderungan kapal-kapal penangkap ikan yang masuk pada area dan beroperasi pada bulan-bulan tersebut.

Dari hasil pemantauan VMS menyatakan bahwa aktifitas kapal-kapal penangkap ikan banyak terjadi pada Bulan Mei-Agustus (lampiran A dan B). Hal ini sesuai dengan hasil pengolahan konsentrasi klorofil-a yang menyatakan bahwa pada bulan-bulan tersebut konsentrasi klorofil-a nilainya tinggi. Ketika nilai konsentrasi klorofil-a rendah yaitu dari Bulan Januari-April dan Oktober-Desember, berkaitan erat dengan sedikitnya aktivitas kapal yang beroperasi pada bulan tersebut di zona penelitian (lampiran A dan B). Hal ini menunjukkan bahwa ada kaitan antara waktu nilai konsentrasi klorofil yang tinggi dengan waktu banyaknya kapal-kapal ikan yang melakukan aktivitas penangkapan yang kecenderungannya sama.

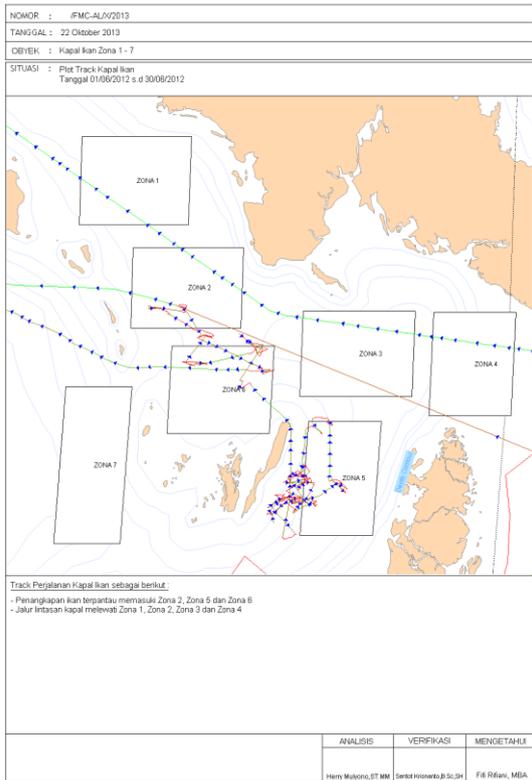
Pada area penelitian, area yang memiliki nilai rata-rata konsentrasi klorofil-a tinggi adalah zona 3, 4, 5, dan 6. Akan tetapi zona 3 dan 4 merupakan area WPP Arafuru 2, yang mensyaratkan bahwa area WPP 2 Arafuru hanya untuk kapal-kapal dengan alat tangkap pukat udang/bukan kapal dengan alat tangkap pukat ikan. Sehingga kemungkinan besar kapal-kapal ikan yang mempunyai *transmitter VMS* terpantau tidak ada yang beroperasi di zona tersebut, walaupun konsentrasi klorofil-a nya tinggi. Keterkaitan secara *spasial* ini ditunjukkan pada zona 5 dan 6, dimana pada zona 5 dan 6 nilai konsentrasi klorofil-a nya lebih tinggi dari zona-zona lainnya berkaitan dengan data hasil pemantauan VMS yang menunjukkan bahwa pada zona 5 dan 6 terpantau banyak aktivitas kapal-kapal penangkap ikan dibanding dengan zona-zona lainnya yang mempunyai konsentrasi klorofil rendah.



Data vmsBulan Mei 2012

LEMBAR DATA VMS

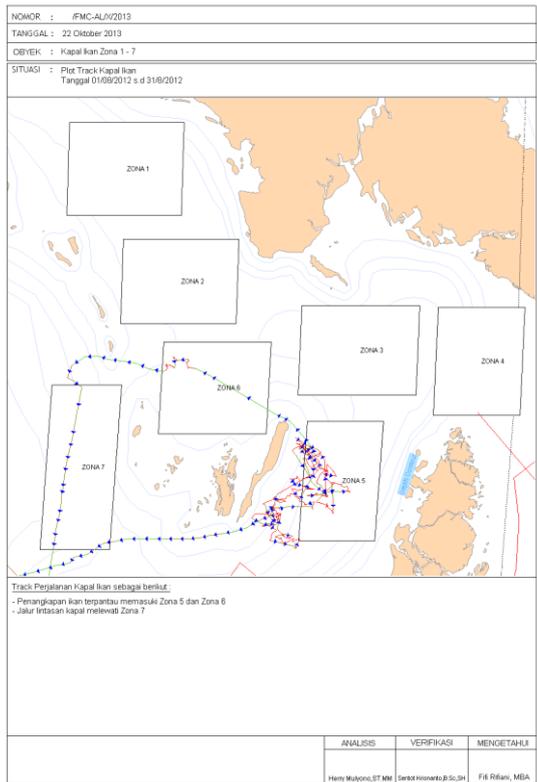
[RAHASIA]



Data vmsBulan Juni 2012

LEMBAR DATA VMS

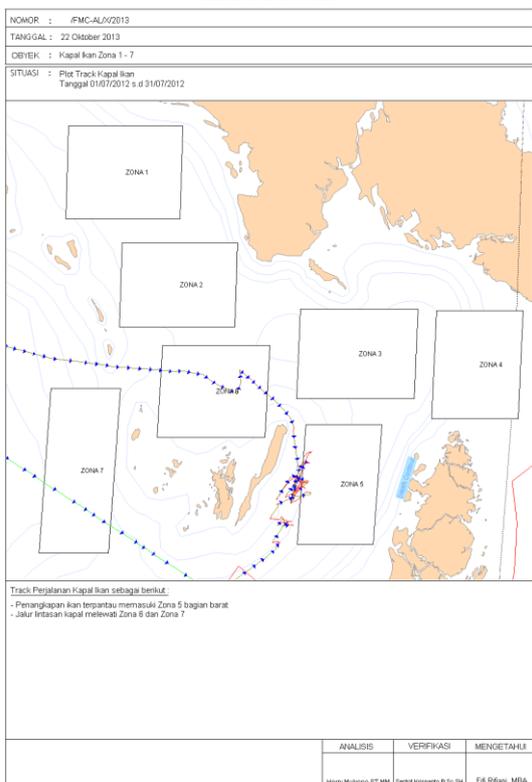
[RAHASIA]



Data vmsBulan Agustus 2012

LEMBAR DATA VMS

[RAHASIA]



Data vmsBulan Juli 2012

**Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil pengolahan data citra satelit Aqua-MODIS Tahun 2008-2012, secara umum menunjukkan bahwa pola menurut waktu (*temporal*) pada area penelitian kenaikan nilai konsentrasi klorofil-a terjadi pada Bulan Mei, tinggi pada Bulan Juni, Juli, Agustus dan rendah lagi pada Bulan September. Secara khusus jika dilihat per zona, dari 7 zona pengamatan ada zona yang pola peningkatannya lebih mendahului yaitu zona 1 dan 2, zona 1 dan 2 pola peningkatannya dimulai pada Bulan April atau lebih cepat 1 bulan dibanding dengan zona lainnya, walaupun nilai rata-rata tingginya masih relatif bersamaan waktunya dengan zona-zona lain yaitu Bulan Juni, Juli dan Agustus. Pola menurut lokasi (*spasial*) dari zona 1 sampai 7, nilai konsentrasi rata-rata tertinggi berada di zona 3 dan zona 4.
2. Berdasarkan verifikasi antara data hasil pengolahan citra berupa pola waktu dan lokasi konsentrasi klorofil-a dengan data VMS berupa waktu dan lokasi aktifitas kapal-kapal penangkap ikan yang beroperasi di area penelitian mengindikasikan adanya hubungan yang erat antara dua data tersebut, Pola konsentrasi klorofil-a yang nilainya naik mulai Bulan Mei dan tinggi Bulan Juni-Agustus, sama dengan kecenderungan kapal-kapal penangkap ikan yang

masuk pada area dan beroperasi pada bulan-bulan tersebut (Gambar 4.34 hal 65 dan Lampiran A & B) sehingga dalam aplikasinya informasi pola waktu dan lokasi konsentrasi klorofil-a ini sudah layak digunakan untuk keperluan *end user* dan operasional.

3. Hasil kajian dalam penelitian ini adalah informasi pola waktu dan lokasi konsentrasi klorofil-a yang merupakan informasi zona berpotensi untuk penangkapan ikan sekaligus zona yang berpotensi terjadi pelanggaran/tindak kejahatan. Informasi ini dapat digunakan sebagai data pendukung dalam penentuan waktu dan arah/sektor operasi keamanan laut yang ideal sehingga dalam pelaksanaannya operasi menjadi lebih efektif dan efisien berbekal informasi yang bisa diandalkan keakuratannya.

### Saran

1. Untuk menambah khazanah penelitian diharapkan adanya penelitian lanjutan tentang karakteristik oseanografi yang berpengaruh terhadap sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan Arafuru.

2. Dalam pemanfaatannya, secara teknis data/informasi hasil pengolahan citra satelit Aqua-MODIS berupa pola distribusi konsentrasi klorofil-a ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai data pendukung dalam operasi keamanan laut khususnya terhadap *illegal fishing*.

3. Dalam rangka peningkatan pemanfaatan dalam aplikasi informasi pola waktu dan lokasi konsentrasi klorofil-a khususnya bagi TNI-AL diharapkan adanya pengembangan penelitian sampai pada perencanaan operasi berikut dengan dukungan logistik dan kekuatan pangkalan serta unsur-unsur TNI-AL yang ada dan siap untuk melaksanakan operasi keamanan laut terutama terhadap *illegal fishing*.

### Daftar Pustaka

Aboet. 1985. *Penginderaan Jauh Melalui Satelit, Suatu Alternatif Penelitian Oseanografi*, Prosiding Lokakarya Pemanfaatan Data Satelit Lingkungan dan Cuaca, 18-19 september 1985. Jakarta. Hal 214-230.

Borengasser, M. Hungate, WS. dan Watkins, R. *Hyperspectral Remote Sensing Principles and Applications*, Penerbit CRC press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, New York.

Danoedoro, P. 1996, *Pengolahan Citra Digital, Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*, Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta. 253 hal.

Dimiyati, R.D. dan Dimiyati M. 1998. *Remote Sensing dan Sistem Informasi Geografis untuk Perencanaan*, CV RESOTA, Jakarta.

Direktorat Jenderal Pengawasan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2012, *Prosedur Operasional Standar VMS Online*, Jakarta.

Edy,I, 2009, *Pengenalan Operasi Kamla*, Diklat Pelajaran Diklapa KOBANGDIKAL. Surabaya.

Effendie, M.I. 2002, *Biologi Perikanan*, Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta. 163 hal.

Gaol, J.L. 2003. *Kajian Karakter Oseanografi Samudera Hindia bagian timur dengan menggunakan multisensor citra satelit dan hubungannya dengan hasil tangkapan Tuna mata besar (Thunnus obesus)*. Disertasi, Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.

Goodchild, M dan Gopal, S. 1992, *Accuracy Of Spacial Databases*, National Center for Geographic Informations and Analysis University Of California, Santa Barbara.

Gower, J.F.R. & J.R. Apel (eds.), 1972, *Opportunities and problems in satellite measurements of the sea*, UNESCO Tech. Pap. 46. 70 p.

Hardiyanti. F. S, 2001 *Interpretasi Citra Digital*, Penerbit PT.Gramedia Sarana Indonesia, Jakarta.

Hardiyanti. F. S, 2010 *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*, Cetakan ketiga, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan UNNES.

Hasyim, B., dan N.S. Priyanti. 1999. *Analisis Distribusi Suhu Permukaan Laut dan Kaitannya dengan Lokasi Penangkapan Ikan*. Prosiding Seminar Validasi Data Inderaja untuk Bidang Perikanan. Jakarta, 14 April 1999. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. ISBN;979-95760-1-6. (III-22-III-46).

Hutabarat, S dan SM. Evans, 1985, *Pengantar Oseanografi*, UI, Jakarta 159 hal.

- <http://aisyahuda.blogspot.com>, *Potensi Sumber Daya Laut Indonesia*.
- <http://aquilarandom.blogspot.com>, *Klorofil*.
- <http://disc.gsfc.nasa.gov>.
- <http://modis.gsfc.nasa.gov>.
- <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>.
- Jensen, J.R., -1986, *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kep. Dan Kobangdikal nomor : Kep/150/VI/2012, *Petunjuk Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa*, STTAL, 2012.
- Kunarso, D. H. 2011, *Kajian Kesuburan Ekosistem Perairan Laut Sulawesi Tenggara berdasarkan Aspek Bakteriologi*, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Desember 2011, Vol. 3, No. 2, Hal. 32-47
- La Violette, P.E. 1994. *Lecture Notes On The Application Of Satellite RemoteSensing To Oceanographic Analysis*, LPIU, Marine Science Education Project, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. 70p.
- Martin, S. 2002 *Introduction to Ocean Remote Sensing*, School of Oceanography, University of Washington.
- Nikyuluw, LLU. 2005, *Kajian Variasi Musiman Suhu Permukaan Laut dan Klorofil dalam Hubungannya Dengan Penangkapan Lemuru di Perairan Selatan Bali*, [Disertasi] Program Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*, Penerbit Sjabatan, Jakarta. 372 hal.
- Nybakken, J.W. 1992, *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*, PT. Gramedia Jakarta, 459 hal.
- PERKASAL/32/V/2009 Tanggal 4 Mei 2009 Tentang *Protap Penegakan Hukum dan Penjagaan Keamanan di Wilayah laut Yurisdiksi Nasional oleh TNI-AL*.
- Purbowaseso, B. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan*, Universitas Indonesia, Jakarta. Press.467 hal.
- Setiyoko, A, 2009 *Pengenalan Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Dijital*, Diklat Kuliah STTAL.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid II*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. 381 hal.
- Tempo, 2012 *Kalbar mengalami kerugian sekitar Rp.20 Triliun*, Diakses pada tanggal 1 Maret 2013.
- Widodo, J. 1999, *Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh untuk Perikanan di Indonesia*, Prosiding Seminar Validasi Data Inderaja untuk Bidang Perikanan, Jakarta 14 April 1999, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. ISBN;979-95760-1-6. (II-1-II-21).
- Winarso, G. Hosotani, K dan Kikukawa, H. 2006 *Chlorophyll a Distribution Deduced From MODIS Ocean Color Data and its Characteristics around Hyuganada*, Vol.55, Mem.Fac.Fish.Kagoshima University.
- Wyrcki, K. 1961, *Physical Oceanography of Southeast Asian Water*, Naga Report. Vol 2, The University of California La Jolla, California.

