

**PENGEMBANGAN SPESIFIKASI TEKNIS DAN ALGORITMA  
UNTUK APLIKASI PERIKANAN DAN KELAUTAN DALAM RANGKA  
PENGEMBANGAN SATELIT LAPAN-IPBSat UNTUK Mendukung  
KETAHANAN PANGAN NASIONAL**

(Specifications and Algorithms Development for Fisheries and Oceanic  
Application of Lapan-Ipbsat Satellite Development to Support National Food  
Security)

**Bisman Nababan, Setyo Budi Susilo, Djisman Manurung, James Panjaitan,  
Jonson Lumban Gaol, Syamsul B. Agus, Risti Arhatin**  
Dep. Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB

**ABSTRAK**

Untuk mendukung ketahanan pangan nasional, Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) bersama Institut Pertanian Bogor (IPB) membangun kerjasama untuk mengembangkan, meluncurkan, dan operasional sebuah satelit mikro yang disebut LAPAN-IPBSat. Untuk mencapai tujuan kegiatan ini maka diperlukan studi awal khususnya untuk pengembangan spesifikasi teknis dan algoritma untuk aplikasi perikanan dan kelautan. Spesifikasi teknis untuk satelit LAPAN-IPBSat pada tahap awal menggunakan empat band yaitu: band 1 (450 – 520 nm (biru)), band 2 (520 – 600 nm (hijau)), Band 3 (630 – 690 nm (merah)), dan Band 4 (760 – 900 nm (infra merah dekat)). Pemanfaatan satelit ini masih difokuskan untuk wilayah daratan dan pesisir. Khusus untuk aplikasi perikanan dan kelautan, diharapkan dapat dikembangkan satelit LAPAN-IPBSat yang dapat mendeteksi tiga unsur utama oseanografi (suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan dinamika ketinggian muka laut) sekaligus. Satelit ini diharapkan dapat memiliki spesifikasi teknis yang mencakup sinar tampak, near infrared, thermal infrared, dan radar. Dalam pengembangan algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut perlu dipisahkan antara algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut pada malam hari dan siang hari dan meningkatkan tingkat akurasi pendugaan dengan mengurangi error akibat pengaruh awan tipis di atmosfer. Untuk mendapatkan algoritma untuk estimasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a yang lebih akurat untuk perairan Indonesia diperlukan data in situ yang lebih banyak dan menyebar.

Kata Kunci: LAPAN-IPBSat, spesifikasi satelit, algoritma, SPL, klorofil-a.

**ABSTRACT**

To support the national food security, the National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN) cooperates with Bogor Agricultural University (IPB) to develop, launch, and operate a micro satellite called LAPAN-IPBSat. To achieve this activity is required early studies especially for the development of technical specifications and algorithms for fisheries and oceanic applications. Technical specifications for the LAPAN-IPBSat Satellite in the early stages use four bands: band 1 (450 to 520 nm (blue)), band 2 (520 to 600 nm (green)), Band 3 (630 to 690 nm (red)), and Band 4 (760 to 900 nm (near infrared)). This satellite is focused on land and coastal applications. For fisheries and oceanic applications, it is expected to develop LAPAN-IPBSat that can detect the three main elements of oceanography (sea surface temperature, chlorophyll-a concentration, and the dynamics of sea-level height) at the same time. The satellite is expected to have technical specifications that includes visible light, near infrared, thermal infrared, and radar. In the development of algorithms to estimate sea surface temperatures, it is needed

to separate the algorithms for night-time and day-time and increase the algorithms accuracy by reducing errors due to the influence of thin clouds in the atmosphere. To get more accurate algorithms to estimate sea surface temperature and chlorophyll-a concentration for Indonesian waters, more in situ data are needed.

Keywords: LAPAN-IPBSat, satellite specifications, algorithms, SST, chlorophyll.

## PENDAHULUAN

Ketersediaan ikan yang cukup merupakan salah satu unsur penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena ikan merupakan sumber protein yang tinggi dengan kandungan kolesterol yang rendah. Tingkat konsumsi ikan masyarakat Indonesia pada saat ini masih rendah bila dibandingkan dengan tingkat konsumsi ikan dari negara-negara ASEAN dan sangat rendah bila dibandingkan dengan negara-negara maju seperti Eropa dan Amerika. Hal ini disebabkan karena ketersediaan ikan yang relatif terbatas dan harga ikan yang relatif tinggi.

Produksi perikanan tangkap (laut) khususnya ikan-ikan besar pada dekade ini mengalami penurunan drastis (hampir 90% penurunan) semenjak lahirnya industri perikanan sekitar 50 tahun yang lalu (Myers and Worm, 2003). Masalah lain yang mempengaruhi produksi perikanan tangkap ini adalah meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM) dimana hampir 50% dari biaya operasi penangkapan ikan oleh para nelayan digunakan untuk pembelian BBM. Disamping itu, para nelayan kita masih menggunakan teknologi tradisional yang belum bisa mengikuti kemajuan teknologi yang ada seperti belum dilengkapinya dengan Global Positioning System (GPS), dan alat komunikasi lainnya seperti internet. Penurunan produksi ikan ini akan berpengaruh langsung terhadap ketahanan pangan nasional sehingga diperlukan efisiensi dan efektifitas penangkapan ikan. Untuk mengetahui lokasi-lokasi perikanan potensial di laut diperlukan data pendukung yang akurat, *near real time*, dan berkesinambungan seperti suhu permukaan laut (SPL), konsentrasi klorofil-a, ketinggian permukaan laut, arus permukaan, salinitas, lokasi front dan upwelling (Choudury *et al.*, 2007; Lumban Gaol, 1999; 2009; Myers and Hick, 1990, Pudavol and Siregar, 2006).

Data satelit untuk SPL dapat diperoleh melalui satelit NOAA-AVHRR (The National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High

Resolution Radiometer) dengan resolusi spasial  $1.1 \text{ km}^2$ , konsentrasi klorofil-a dapat diperoleh dari satelit SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) dengan resolusi spasial  $1.1 \text{ km}^2$  dan MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) dengan resolusi spasial  $250 \text{ m}^2$  dan  $1.1 \text{ km}^2$ , serta ketinggian permukaan air laut dapat diperoleh dari satelit TOPEX/POSEIDON (TOPography EXperiment-Poseidon). Khusus untuk SPL dan konsentrasi klorofil-a, ketersediaan data untuk perairan Indonesia menjadi sangat terbatas mengingat tingkat keawanan yang relatif tinggi di Indonesia. Resolusi spasial yang relatif rendah membuat data satelit ini kurang dapat memberikan fenomena yang jelas khususnya di daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Algoritma yang digunakan untuk pendugaan SPL, konsentrasi klorofil-a, dan ketinggian permukaan air laut untuk daerah Indonesia sampai saat ini masih menggunakan algoritma global sehingga kurang tepat menggambarkan kondisi perairan Indonesia.

Untuk dapat memperoleh gambaran fenomena oseanografi yang lebih detail untuk perairan Indonesia maka dibutuhkan satelit baru dengan resolusi yang relatif tinggi dan periode ulang (visiting time) yang lebih sering dibandingkan dengan satelit yang sudah tersedia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mengembangkan spesifikasi teknis untuk satelit mikro LAPAN-IPBSat khususnya untuk aplikasi perikanan dan kelautan dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Pada penelitian ini juga dilakukan studi awal terhadap pengembangan algoritma SPL dan konsentrasi klorofil-a untuk perairan Indonesia.

## **METODE PENELITIAN**

### **Pengembangan Spesifikasi Teknis untuk Aplikasi Kelautan**

Spesifikasi teknis untuk aplikasi kelautan merupakan langkah awal yang akan dipelajari dan dikembangkan sesuai dengan kesediaan dana dan teknologi. Spesifikasi teknis ini akan disesuaikan dengan spesifikasi teknis yang akan dikembangkan untuk aplikasi lainnya khususnya daratan. Spesifikasi teknis yang dikembangkan akan difokuskan kepada tingkat resolusi spasial, lebar dan panjang gelombang bandwidth kanal-kanal yang digunakan untuk aplikasi kelautan. Metode yang digunakan untuk pengembangan spesifikasi teknis ini adalah metode

literature research, diskusi dalam satu tim peneliti dan dengan tim peneliti lain serta tim teknis dari LAPAN. Disamping itu, pengembangan spesifikasi teknis ini juga disesuaikan dengan dana dan kemampuan LAPAN dari segi teknis dan sarana serta prasarana yang dimiliki oleh LAPAN.

### **Pengembangan Algoritma untuk Aplikasi Perikanan dan Kelautan**

Studi awal terhadap pengembangan algoritma untuk aplikasi kelautan akan difokuskan kepada dua parameter utama yaitu suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a. Algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut sudah banyak dikembangkan khususnya untuk global area coverage (GAC) dan local area coverage (LAC) dengan ketelitian sampai  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  contohnya MCSST algoritma (Multichannel Sea Surface Temperature), PFSST algoritma (PathFinder Sea Surface Temperature), dan operasi NOAA/AVHRR SST algoritma (Brown *et al.*, 1993; McClain *et al.*, 1985; Wick *et al.*, 1992; Walton *et al.*, 1998). Namun demikian, Algoritma ini umumnya diuji pada lintang menengah dan tinggi sehingga khusus untuk perairan Indonesia perlu dikembangkan algoritma lokal.

Dalam pengembangan algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut untuk wilayah perairan Indonesia akan dilakukan beberapa uji coba terhadap beberapa algoritma dan hasil yang akan lebih akurat akan dipakai sebagai produk akhir. Sebelum pengembangan algoritma dilakukan, proses koreksi atmosfer khususnya akibat pengaruh awan seperti awan cirrus atau sejenisnya harus dilakukan. Hal ini dapat dilakukan dengan uji coba secara random terhadap data *in situ* dan setelah melakukan banyak uji coba maka nantinya akan diperoleh gambaran umum akan nilai dugaan suhu permukaan laut akibat pengaruh awan tipis ini. Setelah uji faktor pengaruh atmosfer selesai, pengembangan algoritma untuk pendugaan suhu permukaan laut dapat dilakukan melalui uji regresi linier atau non-linier terhadap nilai-nilai hasil estimasi satelit bebas awan terhadap nilai-nilai *in situ*. Dari hasil ini akan diperoleh koefisien-koefisien terhadap persamaan yang diuji beserta nilai *rms (root mean square) errors*.

Dengan menggunakan koreksi atmosferik yang sudah ada, pengembangan algoritma untuk pendugaan konsentrasi klorofil-a dapat dilakukan dengan metode empirik dengan menghubungkan data *in situ* dan data hasil estimasi dari satelit. Algoritma yang digunakan untuk menduga konsentrasi klorofil-a ini adalah

OC2v2, OC4v4, OC3M (Maritorena and O'Reilly, 2000), dan algoritma Carder *et al.* (1999). Data *in situ* untuk validasi akan menggunakan data hasil-hasil penelitian terdahulu maupun data-data dari buoy yang berasal dari perorangan, institusi, serta hasil pengukuran langsung di lapangan. Pengambilan data *in situ* secara langsung dilakukan di Teluk Jakarta dan sekitar Kepulauan Seribu. Data-data satelit berupa suhu permukaan laut dari NOAA AVHRR dan MODIS diharapkan diperoleh dari LAPAN dengan resolusi maksimum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Spesifikasi Teknis Satelit untuk Aplikasi Kelautan dan Perikanan

Dalam kegiatan pengembangan spesifikasi teknis satelit IPB-LAPANSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan, beberapa pertemuan teknis antara pihak IPB dengan LAPAN sudah dilakukan mengingat dalam pengembangan spesifikasi teknis ini harus menyamakan persepsi, keinginan, kemampuan, dan dana yang tersedia antara LAPAN dan IPB. Pertemuan maupun diskusi telah dilakukan beberapa kali baik di kantor IPB maupun di kantor LAPAN, Rumpin-Bogor.

Dalam proposal awal, ada kesepakatan antara IPB dan LAPAN bahwa peluncuran satelit IPB-LAPANSat akan membawa misi darat dan laut dalam satu paket. Namun dalam perkembangannya dan melihat kapasitas dan kemampuan LAPAN, maka disepakati bahwa untuk tahap pertama akan dikembangkan satelit IPB-LAPANSat untuk mendukung ketahanan pangan untuk daratan dan wilayah pesisir yang direncanakan diluncurkan pada tahun 2012. Dalam pertemuan-pertemuan tersebut juga telah disepakati bahwa dalam tahap kedua nanti akan dikembangkan dan diluncurkan satelit IPB-LAPANSat untuk mendukung ketahanan pangan bidang perikanan dan kelautan untuk memperoleh hasil yang maksimal serta direncanakan dapat diluncurkan pada tahun 2014-2015.

Spesifikasi teknis yang disepakati untuk Satelit LAPAN-IPBSat tahap awal mempunyai muatan misi kamera penginderaan jauh multispektral yang memiliki 4 band spektral dengan resolusi permukaan bumi sekitar 10 meter dan cakupan sekitar 70 km dengan susunan band spektral adalah sebagai berikut:

- a. Band 1: 450 – 520 nm (biru). Band ini memiliki penetrasi tubuh air, pemetaan perairan pantai, membedakan tanah dari vegetasi serta pepohonan berdaun

lebat dan berdaun jarum. Pada kisaran panjang gelombang paling bawah pada band ini memiliki puncak transmisi pada massa air bersih, dan kisaran panjang gelombang paling atas merupakan batas sinar biru untuk absorpsi klorofil untuk vegetasi hijau yang sehat (Jensen, 2005).

- b. Band 2: 520 – 600 nm (hijau)
- c. Band 3: 630 – 690 nm (merah)
- d. Band 4: 760 – 900 nm (infra merah dekat)

Spektral Band 1, 2, dan 4 berguna bagi pemantauan sumber daya dan lingkungan pantai dan pesisir di Indonesia, terutama dengan tujuan pengamatan terumbu karang dan sumber daya pantai dan pesisir. Sedangkan Band 2, 3, dan 4 digunakan bagi pemantauan sumber daya pertanian, kehutanan, dan sumber daya alam darat lainnya. Pengembangan satelit dan muatan satelit akan dilaksanakan bersama oleh LAPAN dan IPB. Satelit IPB-LAPAN akan dilengkapi dengan sistem *thruster* satelit untuk mempertahankan posisi orbit satelit.

Satelit LAPAN-IPBSat khusus untuk aplikasi perikanan dan kelautan diharapkan dapat dikembangkan dan diluncurkan pada tahap berikutnya (2014-2015). Dari hasil studi ini diharapkan satelit LAPAN-IPBSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan seyogianya dapat mendeteksi tiga unsur oseanografi utama seperti SPL, konsentrasi klorofil-a, dan ketinggian muka laut untuk dapat menyediakan data dan/atau mendeteksi daerah potensial perikanan. Untuk dapat memperoleh ketiga data oseanografi tersebut diatas sekaligus maka satelit LAPAN-IPBSat untuk aplikasi perikanan dan kelautan harus memiliki spesifikasi teknis multispektral yang mencakup sinar tampak, near infrared, thermal infrared, dan radar. Spesifikasi teknis ini akan didiskusikan lebih lanjut dengan pihak LAPAN dan IPB untuk mendapatkan spesifikasi teknis yang dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan dapat didukung dengan sarana dan prasarana yang ada.

Masalah utama yang timbul dalam pengukuran SPL di perairan Indonesia melalui estimasi satelit NOAA AVHRR adalah relatif tingginya tutupan awan sepanjang tahun sehingga tampilan suhu permukaan laut dari hasil pengukuran satelit ini menjadi sangat minim (lebih sedikit data yang tersedia karena tutupan awan yang besar sepanjang tahun). Untuk itu diperlukan penelitian estimasi SPL dari satelit radar yang tidak dipengaruhi oleh tutupan awan. Penelitian SPL dari

satelit radar ini masih belum banyak dilakukan sehingga informasi terhadap tingkat akurasi estimasi SPL dari satelit radar ini masih minim. Sehingga penelitian untuk menggabungkan satelit sensor near infrared dan thermal infrared (NOAA AVHR) dengan satelit radar untuk estimasi SPL khususnya untuk wilayah tropis menjadi sangat penting.

### **Pengembangan Algoritma untuk Estimasi SPL dan Konsentrasi Klorofil-a untuk Perairan Indonesia**

Untuk kegiatan pengembangan algoritma estimasi SPL dan konsentrasi klorofil-a untuk perairan Indonesia pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data *in situ* SPL dan konsentrasi klorofil-a baik dari perorangan maupun institusi dari tahun-tahun sebelumnya sampai pada sekarang ini. Diharapkan data *in situ* ini dapat diperoleh pada kisaran waktu paling tidak 10 tahun dan tersebar pada seluruh perairan Indonesia. Pada penelitian ini juga dilakukan pengambilan data lapangan secara langsung dari perairan Teluk Jakarta dan Perairan Sekitar Kepulauan Seribu. Suhu permukaan laut pada siang hari di perairan Teluk Jakarta tanggal 7-11 Oktober 2009 berada pada kisaran 30,2°C – 32,0°C dengan kisaran nilai salinity pada 32,8 – 33,6. Dari hasil data lapangan ini diperoleh bahwa nilai suhu permukaan laut secara umum semakin tinggi pada lokasi yang semakin jauh dari Teluk Jakarta. Pada lokasi suhu permukaan yang relatif lebih tinggi ditemukan nilai salinitas yang relatif lebih rendah dan lokasi ini terdapat pada perairan yang relatif jauh dari Teluk Jakarta. Hal ini menjadi menarik untuk dipelajari lebih detail untuk mengetahui proses oseanografi pada daerah ini.

Data satelit untuk SPL diambil dari LAPAN atau NOAA. Data satelit yang diambil adalah *raw data* (belum dalam bentuk data suhu permukaan laut) namun sudah dilakukan koreksi geometrik. Algoritma yang dikembangkan untuk estimasi suhu permukaan laut berupa algoritma yang biasanya digunakan untuk estimasi suhu permukaan laut seperti MCSST dan Pathfinder. Algoritma Pathfinder untuk estimasi suhu permukaan laut didasarkan pada algoritma non-linear SST (NLSST) yang dikembangkan oleh Walton (1988) dan Walton *et al.* (1998) dimana gamma diasumsikan bernilai proporsional terhadap nilai SPL dugaan pertama (yang dapat diperoleh dari berbagai metode) dengan formula sebagai berikut:

$$SST_{sat} = a + b T_4 + c (T_4 - T_5) SST_{guess} + d (T_4 - T_5) (\sec(\rho) - 1),$$

Dimana  $SST_{sat}$  adalah nilai estimasi SPL dari satelit,  $T_4$  dan  $T_5$  adalah nilai suhu kecerahan dalam AVHRR band 4 and 5,  $SST_{guess}$  adalah nilai suhu permukaan laut dugaan pertama, dan  $\rho$  adalah nilai sudut zenith satelit. Coefficients  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  diperoleh dari regresi analisis menggunakan data *in situ* dan satelit (*matchups*).

Dari hasil penelitian ini ditemukan adanya perbedaan nyata terhadap tingkat akurasi estimasi SPL antara siang dan malam hari. Hal ini mungkin terjadi karena faktor koreksi atmosfer yang kurang akurat. Dengan demikian, untuk meningkatkan tingkat akurasi estimasi suhu permukaan laut dari satelit, pengembangan algoritma estimasi suhu permukaan laut untuk siang dan malam hari perlu dilakukan.

Perairan Indonesia relatif unik dibandingkan dengan perairan sub-tropis atau lintang tinggi karena perairan Indonesia terletak pada daerah equator dan tropis, tidak memiliki perbedaan iklim yang nyata sepanjang tahun seperti daerah lintang tinggi, memiliki tingkat pemanasan yang relatif tinggi serta ditutupi banyak awan, mendapat banyak input (pengaruh langsung) dari aliran sungai dari daratan, dan terdapat banyak pulau. Akibatnya konsentrasi klorofil-a di perairan Indonesia ini sangat banyak dipengaruhi oleh masukan dari sungai-sungai yang bermuara ke lautan. Disamping itu, konsentrasi klorofil-a hasil pendugaan dari satelit menjadi sangat terpengaruh oleh kondisi perairan Indonesia yang banyak dipengaruhi oleh aliran sungai dan pulau-pulau yang terdapat di atasnya.

Mengingat banyaknya pulau-pulau yang terdapat pada perairan Indonesia yang mengakibatkan garis pantai Indonesia menjadi relatif panjang akan mempengaruhi akurasi estimasi konsentrasi klorofil-a dari satelit. Nababan (2005; 2009) menjelaskan tingkat kesalahan estimasi konsentrasi klorofil-a dari *Ocean Color Sensor Satelit* dapat mencapai hingga 300% khususnya di daerah pesisir karena banyak dipengaruhi oleh bahan organik terlarut berwarna maupun bahan organik lainnya serta pantulan dari dasar perairan. Untuk itu pengembangan algoritma regional untuk estimasi konsentrasi klorofil-a dari satelit *SeaWiFS* maupun *MODIS* khususnya untuk perairan Indonesia sangat urgent dilakukan.



Pada penelitian ini telah dilakukan upaya pengumpulan data-data *in situ* untuk konsentrasi klorofil-a dari seluruh perairan Indonesia baik dari individu maupun instansi terkait. Selain itu juga dilakukan pengambilan data *in situ* untuk konsentrasi klorofil-a secara langsung yang difokuskan pada perairan Teluk Jakarta dan Sekitar Kepulauan Seribu. Untuk data satelit SeaWiFS dan MODIS sudah dilakukan upaya kerjasama dengan pihak LAPAN dan BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) untuk dapat memperoleh data SeaWiFS maupun MODIS mulai dari *raw data* (level 0) sampai *geophysical data* (konsentrasi klorofil-a) (level 1-3). Data-data meteorologi pada hari terkait juga dibutuhkan untuk digunakan dalam analisis koreksi atmosfer.

Hambatan dan masalah yang paling besar dihadapi dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sulitnya mendapatkan data lapangan dan satelit untuk SPL dan konsentrasi klorofil-a baik dari individu maupun dari institusi terkait lainnya. Belum terbiasanya programmer kita dalam LINUX operating system terutama dalam IDL sehingga memperlambat pengembangan program-program terkait kepada processing data satelit dan pengembangan algoritmanya.

## KESIMPULAN

Spesifikasi teknis untuk pengembangan satelit LAPAN-IPBSat tahap awal dalam rangka mendukung ketahanan pangan nasional menggunakan empat band yaitu: band 1 (450 – 520 nm (biru)), band 2 (520 – 600 nm (hijau)), Band 3 (630 – 690 nm (merah)), dan Band 4 (760 – 900 nm (infra merah dekat)). Spektral Band 1, 2, dan 4 berguna bagi pemantauan sumber daya dan lingkungan pantai dan pesisir di Indonesia, terutama dengan tujuan pengamatan terumbu karang dan sumber daya pantai dan pesisir. Sedangkan Band 2, 3, dan 4 digunakan bagi pemantauan sumber daya pertanian, kehutanan, dan sumber daya alam darat lainnya. Satelit ini direncanakan diluncurkan pada tahun 2012.

Untuk aplikasi kelautan dan perikanan, diharapkan dapat dikembangkan satelit yang dapat mendeteksi tiga unsur utama oseanografi (suhu permukaan laut, konsentrasi klorofil-a, dan dinamika ketinggian muka laut) sekaligus. Satelit ini diharapkan dapat memiliki spesifikasi teknis yang mencakup sinar tampak, *near infrared*, *thermal infrared*, dan radar. Dari satelit ini juga diharapkan

pengembangan estimasi suhu permukaan laut berdasarkan data radar dan near-infra red dan thermal dari satelit lain.

Untuk meningkatkan akurasi algoritma estimasi suhu permukaan laut perlu dipisahkan antara algoritma untuk malam hari dan siang hari serta mengurangi efek hamburan atmosfer atau awan tipis di atmosfer. Diperlukan data *in situ* yang lebih banyak dan menyebar untuk perairan Indonesia untuk menghasilkan algoritma yang lebih akurat untuk estimasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a pada wilayah perairan Indonesia.

Disarankan juga agar dapat dibentuk sebuah institusi bersifat nasional yang dapat berfungsi sebagai "bank data" khususnya untuk data bio-optik dan data oseanografi pendukung. Dengan adanya "bank data" maka setiap peneliti diharuskan untuk mencatatkan data hasil penelitiannya disana untuk dapat diakses secara bersama dan gratis oleh para peneliti ataupun anggota masyarakat lainnya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas bantuan dana untuk pelaksanaan penelitian ini melalui DIPA IPB no: 10/I3.24.4/SPK/BG-PSN/2009. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, IPB beserta stafnya yang telah membantu kelancaran proses administrasi dan keuangan untuk pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Brown J. W., O. B. Brown, and R. H. Evans, 1993. Calibration of AVHRR Infrared channels: a new approach to non-linear correction, *Journal of Geophysical Research*, 98 (NC10), 18257-18268.
- Carder, K. L., F. R. Chen, Z. P. Lee, S. K. Hawes, and D. Kamykowski. 1999. Semianalytic moderate-resolution imaging spectrometer algorithms for chlorophyll-a and absorption with bio-optical domains based on nitrate depletion temperatures. *Journal Geophysical Research*, 104:5403-5421.
- Choudury, S.B., B. Jena, M.V. Rao, K.H. Rao, V.S. Somvanshi, D.K. Gulati, and S. K. Sahu. 2007. Validation of integrated potential fishing zone (IPFZ)

- forecast using satellite based chlorophyll and sea surface temperature along the east coast of India. *Int. J. of Remote Sensing*, 28(12):2683-2693.
- Lumban Gaol. 2009. Sensor Ocean Color Memantau Klorofil Fitoplanton Perairan Indonesia lebih dari 10 tahun (1997-2008), *Prosiding Semiloka Geomatika-SAR Nasional 2009*. CRESTPENT Press. Bogor. 81-88.
- Lumban Gaol, J. 1999. Distribution of chlorophyll-a concentration from Satellite CZCS imageries and its relationship against Tuna catch in southern Java water, Proceedings, Annual Meeting of Conference of Indonesian Surveyor Association.
- Maritorena, S. and J.E. O'Reilly. 2000. OC2v2: Update on the initial operational SeaWiFS chlorophyll *a* algorithm. In: J.E. O'Reilly and co-authors, SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses, Part 3. *NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11*, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 3-8.
- McClain E. P., W. G. Pichel, and C. C. Walton, 1985. Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures, *Journal of Geophysical Research* 90, 11587-11601.
- Myers, R. A. and B. Worm. 2003. Rapid Worldwide Depletion of Predatory Fish Communities. *Nature*, 423:280-283.
- Myers, D. G. and Hick, P. T. 1990. An application of sea surface temperature data to the Australian fishing industry in near real-time. *International Journal of Remote Sensing*, 11:2103-2112.
- Nababan, B. 2005. Bio-optical Variability of the Surface Waters in the Northeastern Gulf of Mexico. Dissertation, College of Marine Science, University of South Florida, 158pp.
- Nababan, B. 2009. Comparison of Chlorophyll Concentration Estimation Using Two Different Algorithms and the Effect of Colored Dissolved Organic Matter. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 5:92-101.
- O'Reilly, J. E., S. Manitorena, B. G. Mitchell, D. A. Siegel, K. L. Carder, S. A. Garver, and C. R. McClain. 1998. Ocean color chlorophyll algorithm for SeaWiFS. *J. Geophys. Res.*, 103(C11):24,937-24,953.
- Puvadol, D. and Siregar, V. 2006. Assessment of Coastal Landuse Change in Banten Bay, Indonesia Using Different Change Detection Methods, *Biotropia* Vol 13 No.2
- Walton, C.C. 1988. Nonlinear multichannel algorithm for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. *Journal of Applied Meteorology* 27: 115-124.

- Walton, C.C., W. G. Pichel, J.F. Sapper, and D.A. May. 1998, The development and operational application of nonlinear algorithms for the measurement of sea surface temperatures with the NOAA polar-orbiting ,environmental satellites, *Journal of Geophysical Research*, 103: (C12) 27999-28012.
- Wick, G.A., W.J. Emery and P. Schluessel. 1992. A comprehensive comparison between satellite-measured skin and multichannel sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research* 97: 5569–5595