

PEMETAAN SUHU PERMUKAAN LAUT DARI SATELIT DI PERAIRAN INDONESIA UNTUK Mendukung “ONE MAP POLICY”

Jonson Lumban Gaol^{*)}, Risti Endriyani Arhatin^{*)}, Marisa Mei Ling^{**)}

^{*)}Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, IPB Bogor

^{**)}Center for Geometric Engineering (CGE), Surya University Serpong
e-mail: jonson_lumbangaol@yahoo.com

Abstract

The Sea Surface Temperature (SST) data has been available since 80's from satellites both temporally and spatially so it can provide information on the dynamics of SST in the sea world including in the Indonesian waters. The aims of this study is to map and analyze spatial and temporal variations of SST in Indonesian waters. The data used is estimated SST data from sensors of satellites NOAA-AVHRR and MODIS-aqua ranging from year 1993 to 2013 and also in-situ data from World Ocean Data base. Monthly SST data is resulted from the average SST data for 10 years. Energy density spectrum analysis is carried out to determine SST temporal variability in Indonesian waters. The results of this study indicate that the SST measurement accuracy from satellite imagery in Indonesian waters ranges from 70-90%. Spatially and temporally, the SST variation in Indonesian waters is influenced by Monsoon winds and climate changes such as Indian Ocean Dipole (IOD) and El Nino. Thus, the creation of SST map in Indonesia needs to consider SST temporal variations.

Key Words: *El Nino, Indonesia, Monsoon, satellite sensor, sea surface temperature*

Abstrak

Sejak tahun 80-an telah tersedia data Suhu Permukaan Laut (SPL) dari satelit baik secara temporal maupun spasial sehingga dapat memberikan informasi dinamika SPL di dunia termasuk di perairan Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah memetakan dan menganalisis variasi spasial dan temporal SPL di perairan Indonesia. Data yang digunakan adalah data estimasi SPL dari sensor satelit NOAA-AVHRR dan MODIS-aqua mulai dari tahun 1993 hingga 2013 dan juga data in situ dari World Ocean Data base. Data SPL bulanan dihasilkan dari rata-rata data SPL selama 10 tahun. Analisis spektrum densitas energi dilakukan untuk mengetahui variabilitas temporal SPL di perairan Indonesia. Hasil studi ini menunjukkan bahwa akurasi pengukuran SPL dari citra satelit di perairan Indonesia berkisar dari 70- 90 %. Secara spasial dan temporal variasi SPL di perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin musim dan perubahan iklim seperti *Indian Ocean Dipole* (IOD) dan El Nino. Pembuatan peta SPL di Indonesia perlu mempertimbangkan variasi temporal SPL.

Kata Kunci: *El Nino, Indonesia, musim, satelit, suhu permukaan laut.*

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai "Benua Maritim" berada di khatulistiwa dimana dua pertiga wilayahnya adalah laut mempunyai peranan yang penting dalam proses perubahan iklim baik lokal maupun global. Dinamika laut regional dan suhu permukaan laut (SPL) merupakan faktor penting yang mempengaruhi dinamika iklim regional dan iklim global (Qu *et al.* 2005). Suhu perairan juga merupakan salah satu parameter yang secara langsung mempengaruhi kehidupan organisme laut. Perubahan suhu akan mempengaruhi metabolisme, reproduksi dan distribusi ikan di laut (Nibakken, 1988).

Posisi geografis Indonesia diantara dua samudra yakni Samudra Pasifik dan Samudra Hindia mempengaruhi dinamika suhu perairan Indonesia. Angin Muson, EL Nino dan Indian Ocean Dipole (IOD) menjadi penyebab utama terjadinya variasi suhu di perairan Indonesia (Wyrтки, 1962, Saji *et al.* 1999, Susanto *et al.* 2002). Oleh karena itu pemantauan SPL perlu dilakukan secara berkesinambungan. Dinamika massa air baik secara spasial maupun temporal di perairan Indonesia sangat tinggi Banyaknya pulau yang tersebar di wilayah Indonesia menyebabkan variasi spasial antara satu perairan dengan

perairan yang lain berbeda sehingga diperlukan analisis spasial maupun temporal SPL di masing-masing wilayah perairan.

Sejak tahun 80-an, data estimasi SPL dari sensor satelit telah tersedia baik secara temporal maupun spasial untuk perairan dunia. Berbagai algoritma telah dikembangkan dan validasi dilakukan untuk mendapatkan data SPL yang akurat. Estimasi SPL dari sensor satelit mempunyai bias $< 0.5^{\circ}\text{C}$ dan rata-rata 0.2°C (Walton, 1988, Gordon and, 1996, D’Ortenzio *et al.* 2000, Reynold *et al.* 2002).

Perkembangan sensor termal yang ditempatkan pada wahana satelit cukup pesat ditandai dengan diluncurkannya beberapa satelit selain NOAA-AVHRR yakni sensor Aqua MODIS dan sensor NPP. Penginderaan laut baik siang maupun malam hari dapat dilakukan sehingga tersedia data SPL baik pada waktu siang maupun malam hari. Oleh karena pengkajian akurasi data SPL yang dihasilkan dari perekaman malam dan siang hari perlu juga dikaji untuk mengetahui data yang lebih akurat.

Saat ini pemerintah Indonesia telah menetapkan kebijakan satu peta “*One Map Policy*”, bertujuan untuk menghasilkan peta yang baku termasuk untuk peta SPL di perairan Indonesia. Untuk menetapkan peta SPL yang umum untuk perairan Indonesia maka perlu dikaji akurasi dan variabilitas temporal maupun spasial SPL di perairan Indonesia.

2. Metoda Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SPL hasil estimasi dari sensor satelit NOAA-AVHRR mulai tahun 1993 hingga 2003 dan MODIS dari tahun 2003 hingga 2013. Data SPL dari MODIS menggunakan algoritma Multi Channel SST (MCSST) diperoleh dari web: <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>. Data SPL NOAA-AVHRR diperoleh dari web <http://nasa.poet.jpl.nasa.gov>, diolah dengan menggunakan algoritma Pathfinder SST (PFSST) berdasarkan pada algoritma *Non Linier SST* (NLSST) yang dikembangkan oleh Walton (1988) sebagai berikut:

$$SST_{sat} = a + bT_4 + c(T_4 - T_5) SST_{guess} + d(T_4 - T_5) (\sec \rho - 1) \dots\dots\dots (2-1)$$

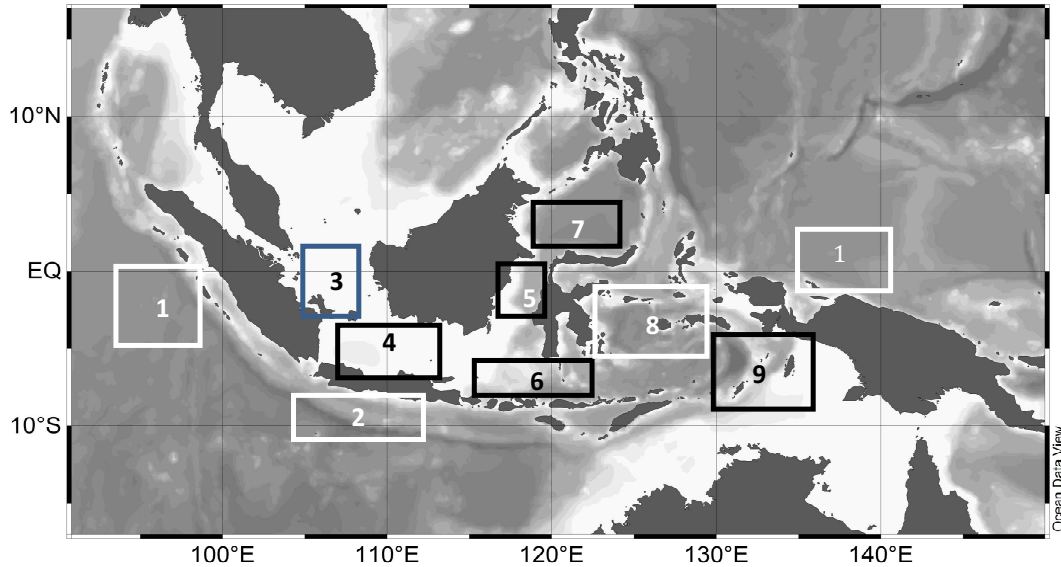
dimana: SST_{sat} adalah SPL estimasi dari satelit, $T_4 - T_5$ adalah temperatur kecerahan kanal 4 dan kanal 5, SST_{guess} adalah nilai SPL pertama, a, b, c dan d adalah koefisien yang diperoleh dari analisis regresi SPL in situ dan estimasi dari satelit, ρ adalah sudut *zenit sensor*.

Data in situ SPL dari World Ocean Data base digunakan untuk valisidasi SPL citra. Perata-rataan data SPL selama 10 tahun dilakukan untuk menghasilkan peta rata-rata bulanan SPL di perairan Indonesia. Berdasarkan data selama 10 tahun dihitung standar deviasi SPL secara spasial dan temporal. Untuk menganalisis variasi spasial dan temporal SPL maka dilakukan perata-rataan data SPL di masing-masing wilayah perairan seperti pada Gambar 2.1. Analisis spektrum densitas energi dilakukan untuk mengetahui variabilitas temporal SPL di perairan Indonesia sebagai berikut:

$$X(f_k) = h \sum_{t=0}^{N-1} x_t \exp \left[-i \frac{2\pi kt}{N} \right] \dots\dots\dots (2-2)$$

dimana $X(f_k)$ = fungsi FFT pada frekuensi ke $k(f_k)$; N = jumlah pengamatan; $t = 0, 1, 2, \dots, N-1$; $h = 0, 1, 2, \dots, N-1$; $i = \sqrt{-1}$ (bilangan imajiner). Nilai fungsi spektrumnya (S_x) diperoleh dengan rumus:

$$S_x = \frac{2h}{N} |X(f_k)|^2 \dots\dots\dots(2-3)$$

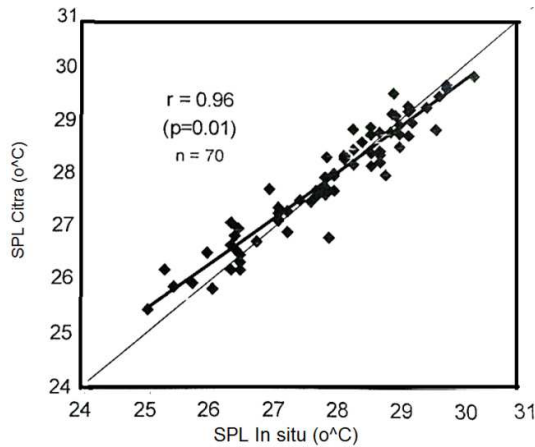


Gambar 2.1. Lokasi Penelitian (nilai SPL di masing-masing wilayah perairan dirata-ratakan)

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Validasi SPL

Validasi SPL estimasi dari satelit dengan menggunakan algoritma Pathfinder telah dilakukan di Perairan Selatan Jawa (Gambar 2.2). Hasil analisis menunjukkan bahwa SPL estimasi dari satelit mempunyai akurasi > 90 % dengan rata-rata selisih nilai SPL in situ dan citra satelit sebesar 0.2 °C. Hasil ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya (D’Ortenzio *et al.* 2000, Reynolds *et al.* 2002). Berbeda halnya dengan hasil validasi di perairan utara Papua, tingkat akurasi estimasi SPL dengan algoritma Pathfinder hanya sekitar 70 % (Hilda, 2011).



Gambar 3.1. Diagram pencar SPL dari citra satelit dengan in situ di perairan selatan Jawa.

3.2. Distribusi SPL di Perairan Indonesia

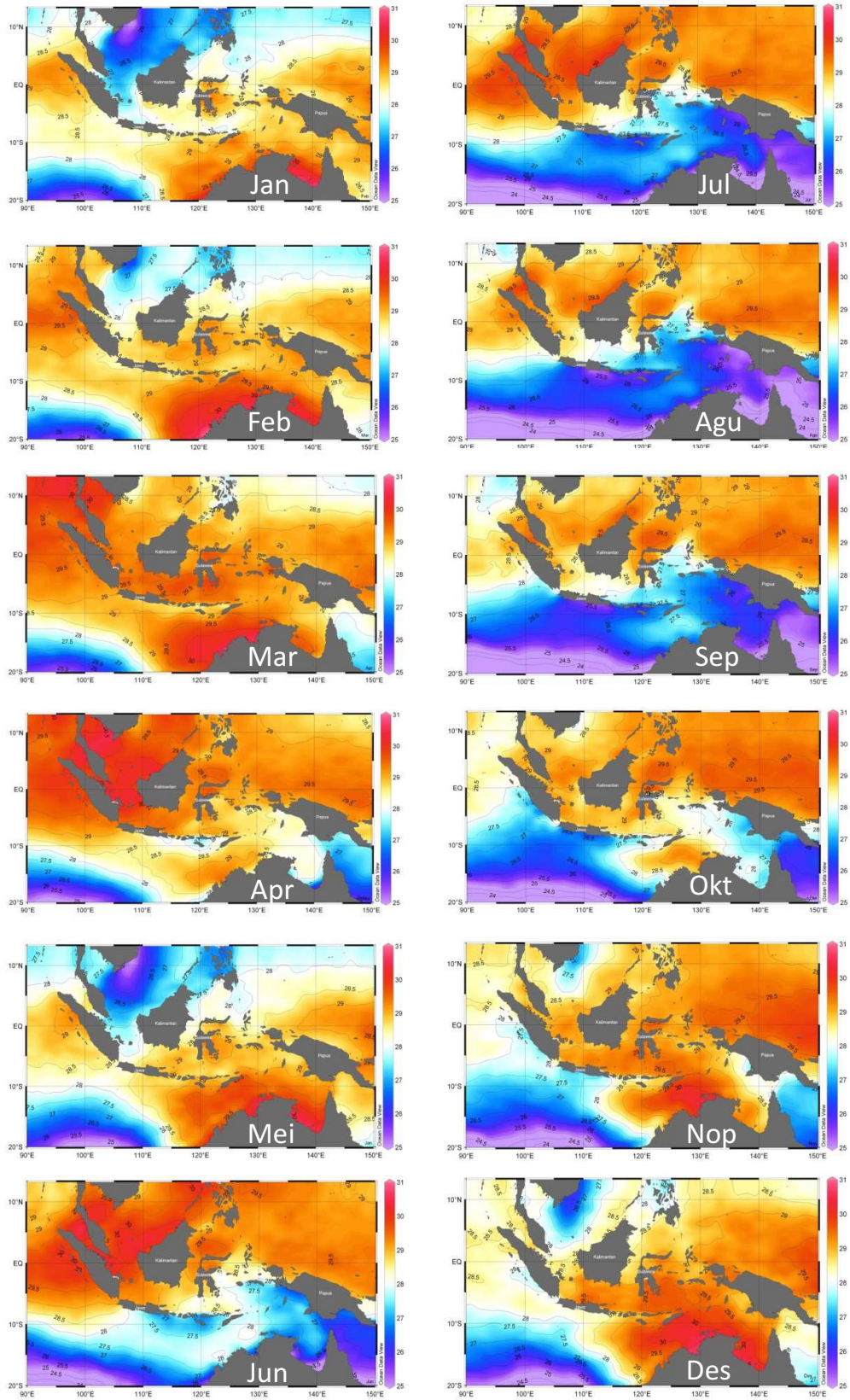
Pada Gambar 3.2 tertera peta distribusi SPL rata-rata bulanan di perairan Indonesia estimasi dari citra satelit NOAA-AVHRR tahun 1993-2003. Secara umum terlihat bahwa SPL pada musim barat lebih tinggi dibandingkan dengan musim timur kecuali di perairan timur Sumatra, pada bulan Januari dan Februari SPL lebih rendah sekitar 26.5-27.5 °C. Rendahnya SPL disebabkan massa air yang lebih dingin dari Laut China selatan mengalir menuju perairan bagian timur Sumatra.

Pada bulan Maret SPL seluruh perairan Indonesia berkisar (28.5-29.5) °C relatif lebih tinggi dari bulan-bulan yang lain. Kondisi SPL bulan April relatif sama dengan bulan Maret kecuali di daerah selatan Jawa-Bali-Sumbawa, SPL mulai menurun. mulai Mei, SPL di perairan timur Sumatra kembali menurun akibat massa air dingin dari laut China Selatan. Bulan Juni memasuki musim timur SPL di bagian selatan perairan Indonesia menurun (27.0-27.5)°C sementara SPL di perairan bagian Utara Katulistiwa Indonesia berkisar antara 28-30°C. Mulai bulan Juni indikasi upwelling mulai terlihat di sepanjang selatan Jawa-Bali-Sumbawa.

Pada bulan Juli SPL di bagian selatan Indonesia semakin menurun dengan suhu dominan 27°C berbeda dengan SPL dibagian utara skitar 29°C. Bulan Agustus hingga September SPL di selatan semakin rendah (26°C) karena intensitas upwelling semakin meningkat. Bulan Oktober SPL di bagian selatan perlahan meningkat hingga bulan Desember.

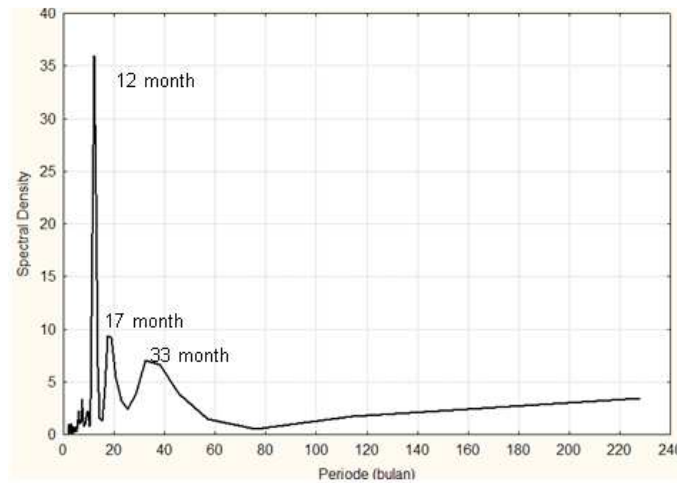
Kondisi perairan di Pasifik dan Samudra Hindia mempengaruhi pola distribusi SPL di Indonesia. Arus Katulistiwa Selatan (AKS) di Samudra Hindia umumnya mengalir ke arah barat. Pada musim timur angin Muson tenggara membuat AKS semakin melebar ke utara bergerak sepanjang pantai selatan Jawa-Bali-Sumbawa kemudian memaksanya berbelok ke arah Barat Daya. Saat itu arus permukaan menunjukkan pola anti-siklonik membawa massa air permukaan keluar menjauhi pantai selatan Jawa-Bali-Sumbawa akibatnya terjadi kekosongan di sepanjang pantai selata Jawa sehingga terjadi upwelling mulai bulan Mei dan berakhir bulan Oktober.

Selain pengaruh angin Muson, SPL di perairan Indonesia dipengaruhi fenomena iklim global seperti El Nino dan IOD. SPL di perairan yang berhubungan dengan Samudra Hindia secara signifikan dipengaruhi oleh fenomena IOD. Pada saat fase IOD positif terjadi anomali negatif SPL di pantai barat Sumatra, Jawa-Bali-Sumbawa hingga perairan Arafura, SPL menurun secara tajam mencapai 3°C (Gambar 3.2). Pada saat El Nino SPL di perairan yang berhubungan dengan Samudra Pasifik cenderung meningkat.



Gambar 3.2. Peta distribusi Suhu Permukaan Laut bulanan di Perairan Indonesia

Hasil analisis spektrum densitas energi SPL menunjukkan bahwa energi yang signifikan terjadi pada semua periode 12, 17 dan 33 bulan (Gambar 3.3). Periode 12 bulan menunjukkan variasi tahunan. Periode 17-33 bulan menunjukkan variasi antar-tahunan. Variasi SPL tahunan merupakan pengaruh dari angin Muson dan variasi antar tahun adalah pengaruh IOD.



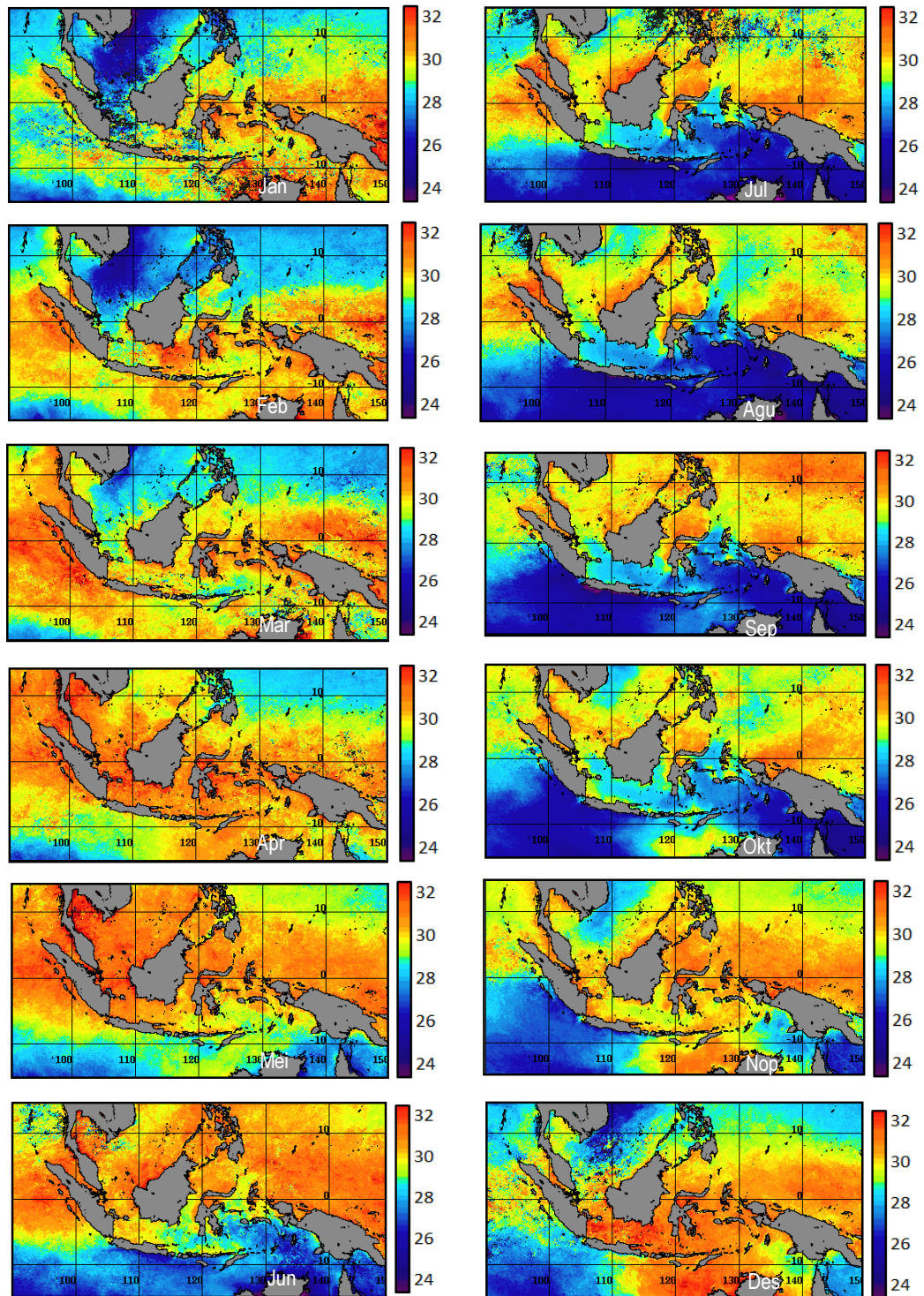
Gambar 3.3. Spektrum densitas energi Suhu Permukaan Laut

Fenomena iklim global seperti IOD menjadi perhatian ilmuan dunia karena fenomena iklim ini mempengaruhi iklim global (Saji *et al.* 1999, Webster *et al.* 1999). Pada Gambar 3.4 terlihat dengan jelas terjadi penurunan SPL mencapai 2°C mulai bulan Juni hingga September pada saat fase IOD positif khususnya di perairan barat Sumatra, Selatan Jawa-Bali-Sumbawa hingga perairan Banda dan Arafura.

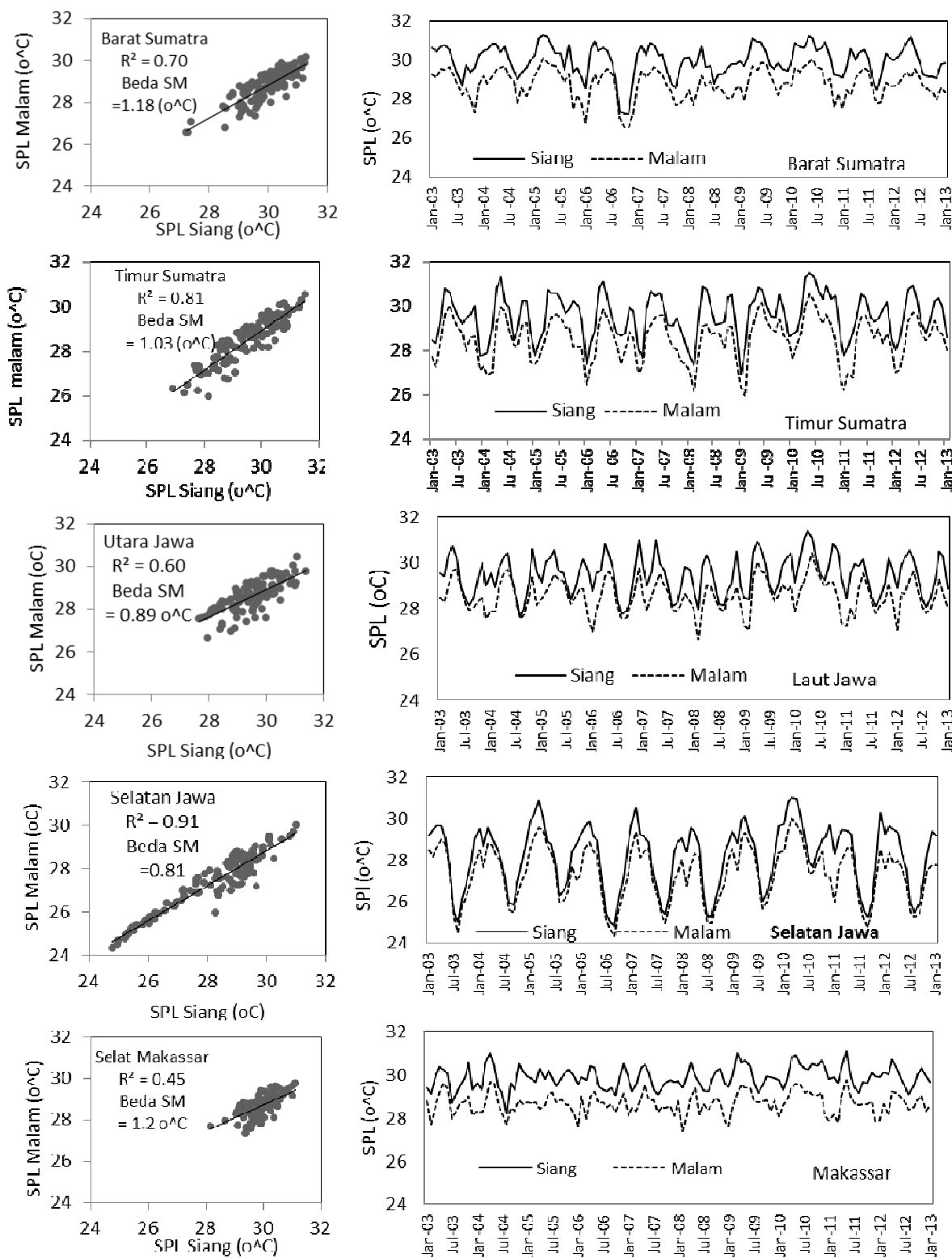
3.3 Fluktuasi SPL perekaman Siang dan Malam

Fluktuasi SPL rata-rata bulanan di beberapa wilayah perairan Indonesia menunjukkan perbedaan yang signifikan antara SPL perekaman siang dan malam hari dengan perbedaan mulai dari 0.81 °C hingga 1.46 °C (Gambar 3.5). Pada umumnya perbedaan SPL antara perekaman siang dan malam lebih tinggi di perairan pantai dibandingkan dengan perairan lepas pantai. Perbedaan SPL yang signifikan antara perekaman siang dan malam perlu dikaji lebih dalam lagi untuk mengetahui waktu perekaman yang paling tepat digunakan untuk perairan Indonesia.

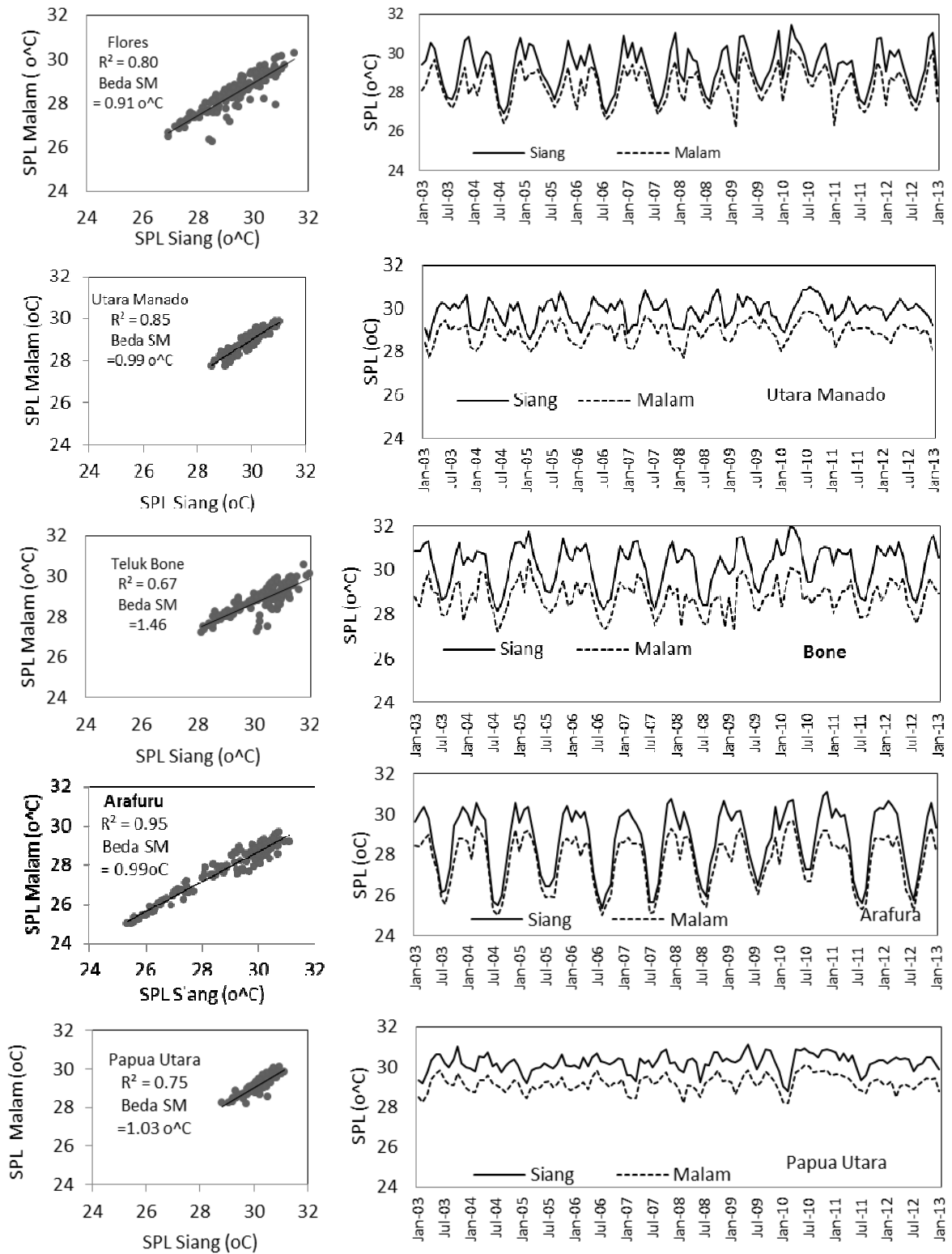
Standar deviasi SPL selama 10 tahun menunjukkan bahwa variabilitas temporal SPL tertinggi terjadi pada bulan Oktober khususnya di wilayah perairan barat Sumatra, Selatan Jawa dan Arafura. Tingginya standar deviasi ini dipengaruhi fenomena oseanografi yang terjadi di Samudra Hindia seperti IOD.



Gambar 3.4. Distribusi SPL rata-rata bulanan pada fase IOD 2006



Gambar 3.5. Fluktuasi SPL perekaman siang dan malam di berbagai wilayah perairan Indonesia



Lanjutan Gambar 3.5. Fluktuasi SPL perekaman siang dan malam ...

4. Kesimpulan

Rata-rata bulanan SPL di perairan Indonesia berkisar antara 26° sampai 31°C. Variasi SPL berbeda-beda sesuai dengan lokasi perairan. Variasi SPL di perairan Indonesia dipengaruhi sistem angin Muson, El Nino dan *Indian Ocean Dipole*. Pada fase Muson timur SPL di perairan selatan Indonesia menurun akibat terjadinya upwelling dan lebih intensif pada fase IOD positif. Berdasarkan waktu perekaman sensor satelit maka SPL hasil perekaman siang hari lebih tinggi dari perekaman malam hari di seluruh wilayah yang dikaji dengan rata-rata perbedaan sekitar 1°C. Variasi SPL akibat pengaruh musim dan iklim global serta waktu perekaman sensor satelit perlu dipertimbangkan untuk pembuat peta umum SPL yang berlaku di perairan Indonesia.

5. Daftar Rujukan

- D'Ortenzio, F., Marullo, S., & Santoleri, R. 2000. Validation of AVHRR Pathfinder SST's over the Mediterranean Sea. *Geophysical research letters*, 27(2), 241-244.
- Gordon, A. L., & Fine, R. A. 1996. Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas. *Nature*, 379(6561), 146-149.
- Hilda, I. N. B. 2011. Validasi dan pengembangan algoritma suhu permukaan laut Pathfinder Sateli NOAA-AVHRR di perairan utara Papua. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB, Bogor.
- Nibakken, J. W. 1988. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia. Jakarta.
- Qu, T. D., Du, Y., Strachan, J., Meyers, G. A., & Slingo, J. M. 2005. Sea surface temperature and its variability in the Indonesian region.. *Oceanography*, 18(4), 50.
- Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., & Wang, W. 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *Journal of climate*, 15(13), 1609-1625.
- Saji, N. H., Goswami, B. N., Vinayachandran, P. N., & Yamagata, T. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, 401(6751), 360-363.
- Susanto, R. D., Gordon, A. L., & Zheng, Q. 2001. Upwelling along the coasts of Java and Sumatra and its relation to ENSO. *Geophysical Research Letters*, 28(5), 1599-1602.
- Walton, C. C. 1988. Nonlinear multichannel algorithms for estimating sea surface temperature with AVHRR satellite data. *Journal of Applied Meteorology*, 27(2), 115-124.
- Wyrtki, K. (1962). The upwelling in the region between Java and Australia during the south-east monsoon. *Marine and Freshwater Research*, 13(3), 217-225.