

DISTRIBUSI SPASIO-TEMPORAL SUHU PERMUKAAN LAUT PENGAMATAN SATELIT AQUA MODIS DI WILAYAH PERAIRAN INDONESIA

Risyanto dan Farid Lasmono
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
Jl. Dr. Djundjunan No. 133, Bandung 40173; Telp (022) 6037445
risyanto@gmail.com; farid.lasmono@yahoo.com

Abstract

Sea surface temperature is one of important factors affecting organisms living in the seas as well as being an indicator of climate change. It is also used as an index of amount of how much water vapour forming clouds in the atmosphere. When it becomes cold, water vapours in the atmosphere will be decreasing, and otherwise, if it heats, water vapours will be increasing. The purpose of this research was to determine spatio-temporal distribution pattern of sea surface temperature and analyze its trends for 7 (seven) years in Indonesian waters. Sea surface temperature data being used was level-3 (three) monthly-data from MODIS sensor of Aqua Satellitewith 4 (four) km spatial resolution, during January 2005 – August 2012 period. The results showed that sea surface temperature average variation ranged between 26.2-32.5°C. Generally, Indonesian waters temperature during rainy season (December-January) was higher than in dry season (June-August). Nevertheless, the time of minimum or maximum temperature was varied spatially in each water area. Southern waters of Java, Bali, and Nusa Tenggara's sea surface temperatures had considerable changing range, which was minimum 26°C during July – August to maximum about 32°C during December – February. Whereas, other water areas were generally ranged smaller, which was 28–31.5°C. Slope values of sea surface temperature in 10 (ten) observation points tend to be constant (close to zero), with an average $+13.10^{-5}$. It is concluded that sea surface temperature did not change significantly during the observation periods.

Keywords: *Sea Surface Temperature, MODIS, Aqua Satellite, Spasio-Temporal Distribution, Indonesian Waters*

Abstrak

Suhu permukaan laut adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi kehidupan organisme di laut serta menjadi indikator dari perubahan iklim. Suhu permukaan laut juga digunakan sebagai indeks banyaknya uap air pembentuk awan di atmosfer. Jika suhu permukaan laut dingin, maka uap air di atmosfer menjadi berkurang, sebaliknya jika suhu permukaan laut panas, uap air di atmosfer menjadi lebih banyak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran suhu permukaan laut secara spasial dan temporal serta menganalisis kecenderungan perubahannya selama 7 tahun di wilayah perairan Indonesia. Data suhu permukaan laut yang digunakan merupakan data bulanan level 3 dari sensor MODIS satelit Aqua yang memiliki resolusi spasial 4 km selama periode Januari 2005 – Agustus 2012. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rata-rata suhu permukaan laut Indonesiaberkisar antara 26,2–32,5°C. Pada umumnya suhu perairan Indonesia pada musim hujan (Desember – Januari) lebih tinggi daripada di musim kemarau (Juni – Agustus). Meskipun demikian, secara spasial waktu terjadinya suhu minimum dan maksimum tidak sama di setiap perairan. Suhu permukaan laut di perairan sebelah selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara

mempunyai rentang perubahan cukup besar, yaitu minimum 26°C pada bulan Juli – Agustus hingga maksimum sekitar 32°C pada Desember – Februari. Sedangkan wilayah perairan lain pada umumnya memiliki variasi yang lebih kecil, yaitu antara 28–31,5°C. Nilai gradien perubahan suhu permukaan laut di 10 titik pengamatan cenderung tetap (mendekati nol), dengan rata-rata sebesar $+13.10^{-5}$. Dapat dikatakan bahwa suhu permukaan laut tidak mengalami perubahan yang signifikan selama periode pengamatan.

Kata kunci: Suhu Permukaan Laut, MODIS, Satelit Aqua, Distribusi Spasio-Temporal, Perairan Indonesia

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang terletak di antara benua Asia dan Australia. Wilayah Indonesia dilalui oleh garis khatulistiwa, sehingga wilayah Indonesia beriklim tropis dengan penyinaran sinar matahari sepanjang tahun. Posisi matahari yang berubah-ubah baik ketika berada di belahan Bumi Bagian Utara (BBU) maupun ketika berada di belahan Bumi Bagian Selatan (BBS) akan mempengaruhi perubahan suhu di wilayah perairan Indonesia. Perbedaan tekanan udara di benua Asia dan Australia akan berpengaruh terhadap pergerakan angin yang akan berpengaruh pula terhadap perubahan suhu di wilayah Indonesia sebagai negara yang berada diantara kedua benua tersebut (Nontji, 2005).

Suhu merupakan besaran yang menyatakan banyaknya energi panas atau bahang (*heat*) yang terkandung dalam suatu benda. Suhu permukaan laut merupakan parameter yang penting bagi kehidupan berbagai organisme laut karena dapat mempengaruhi metabolisme maupun perkembangbiakan organisme tersebut, juga sebagai indikator fenomena perubahan iklim (Hutabarat dan Evans, 1986). Suhu permukaan laut juga berpengaruh besar terhadap fenomena-fenomena yang terjadi di laut. Disamping itu, fenomena perubahan iklim secara global telah menjadi perhatian di seluruh dunia akibat adanya pemanasan global yang menyebabkan perubahan suhu permukaan bumi. Suhu permukaan laut juga digunakan sebagai indeks banyaknya uap air pembentuk awan di atmosfer. Jika suhu permukaan laut dingin, maka uap air di atmosfer menjadi berkurang, sebaliknya jika suhu permukaan laut panas, uap air di atmosfer menjadi lebih banyak.

Suhu permukaan laut dapat diestimasi dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Penginderaan jauh merupakan suatu cara pengamatan objek tanpa menyentuh objek tersebut secara langsung. Sistem ini dapat mencakup area yang luas dalam waktu yang singkat dan bersamaan. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk mendeteksi suhu permukaan laut sehingga dapat digunakan untuk memantau suhu permukaan laut secara terus menerus. Teknologi penginderaan jauh menggunakan satelit yang dapat menghasilkan citra satelit yang dapat mengestimasi suhu

permukaan laut. Terdapat banyak satelit yang memiliki sensor yang dapat mendeteksi suhu permukaan laut salah satunya yaitu *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Satelit yang memiliki sensor MODIS adalah satelit Aqua dan Terra. Sensor MODIS juga memiliki 36 kanal yang mampu mengukur parameter dari permukaan laut hingga atmosfer sehingga baik digunakan untuk mendeteksi suhu permukaan laut (Graham S, 2005)

Mempelajari karakteristik oseanografi suatu perairan dapat dilakukan dengan memahami pola sebaran suhu permukaan laut di perairan tersebut. Selain itu diketahuinya pola ini juga membantu pemahaman mengenai meteorologi dan klimatologi di wilayah yang dikaji. Penelitian ini juga dibantu dengan ketersediaan data satelit sensor MODIS yang dapat di unduh secara gratis dan sudah terkoreksi secara radiometrik dan geometric, serta telah memiliki nilai SPL, sehingga sudah dapat digunakan secara langsung. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola sebaran suhu permukaan laut secara spasial dan temporal serta menganalisis kecenderungan perubahannya selama 7 tahun di wilayah perairan Indonesia. Faktor kondisi oseanografi dan meteorologi Indonesia yang sangat dinamis, menjadikan wilayah perairan Indonesia dipilih sebagai wilayah kajian penelitian.

2. DATA DAN METODE

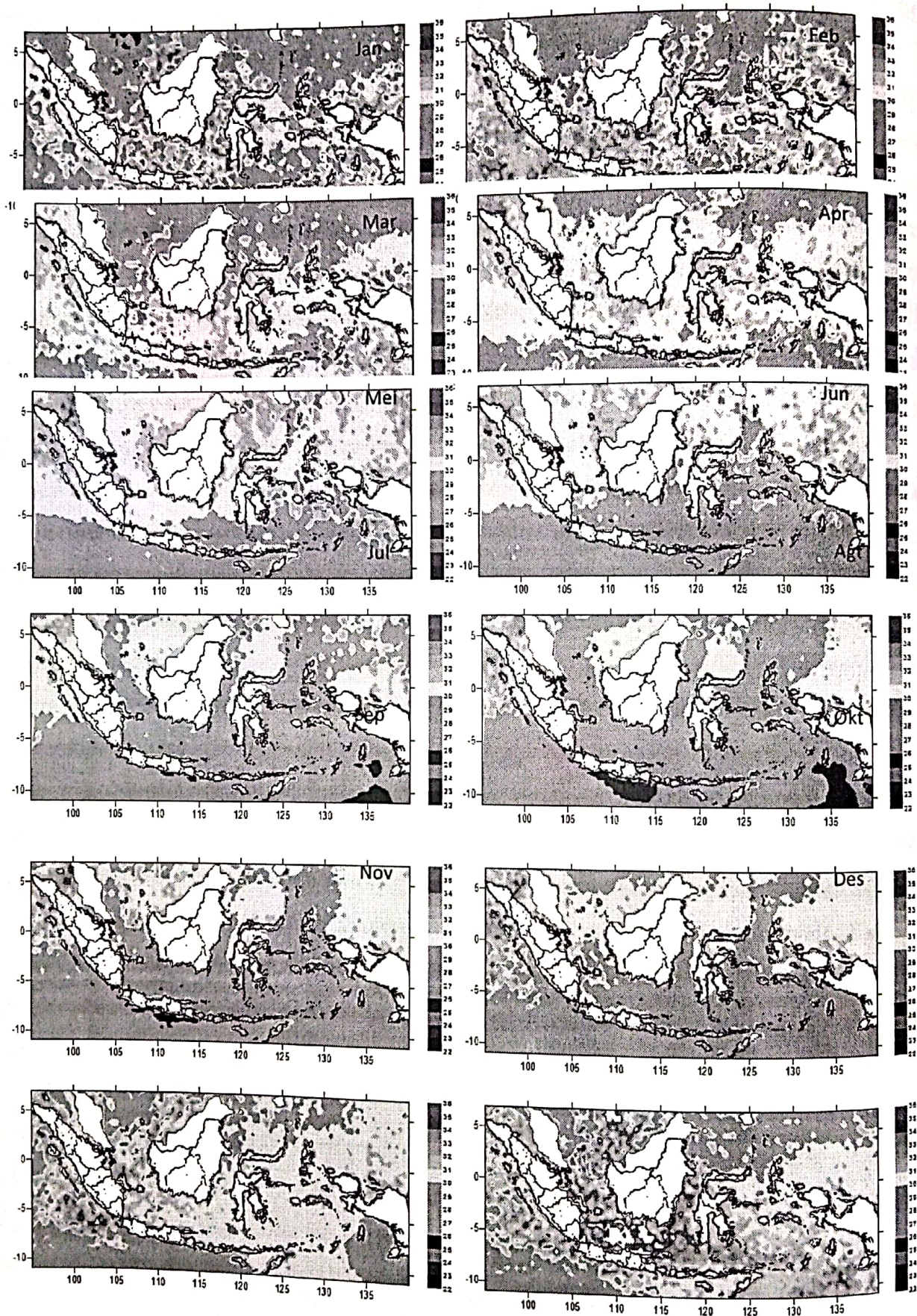
Data suhu permukaan laut yang digunakan merupakan data bulanan level 3 dari sensor MODIS satelit Aqua yang memiliki resolusi spasial 4 km selama periode Januari 2005 –Desember 2011. Data tersebut diperoleh dari situs *Ocean Color*, NASA (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>) yang telah terkoreksi geometrik dan radiometrik. Wilayah kajian penelitian adalah perairan Indonesia yang terletak antara 95° - 141° BT dan 6° LU - 11° LS.

Pengolahan data dimulai dengan proses *cropping* dan *export* data *hdf* menjadi file *ascii* menggunakan program SeaDAS 6.2. Display peta dan grafik SPL menggunakan program Surfer 8.0 dan Microsoft Excel 2010. Untuk melihat pola sebaran secara spasial, data bulanan suhu permukaan laut, file dalam bentuk *ascii* diolah menjadi data rata-rata perbulan, dengan menampilkannya dalam bentuk peta. Sedangkan untuk mengetahui pola sebaran secara temporal, grafik timeseries di 10 lokasi pengamatan, terdiri dari: perairan sebelah barat Sumatera, utara dan selatan Jawa, utara Kalimantan, perairan barat, selatan dan utara Sulawesi, utara Nusa Tenggara, serta perairan selatan dan utara Papua, diambil sebagai lokasi kajian.

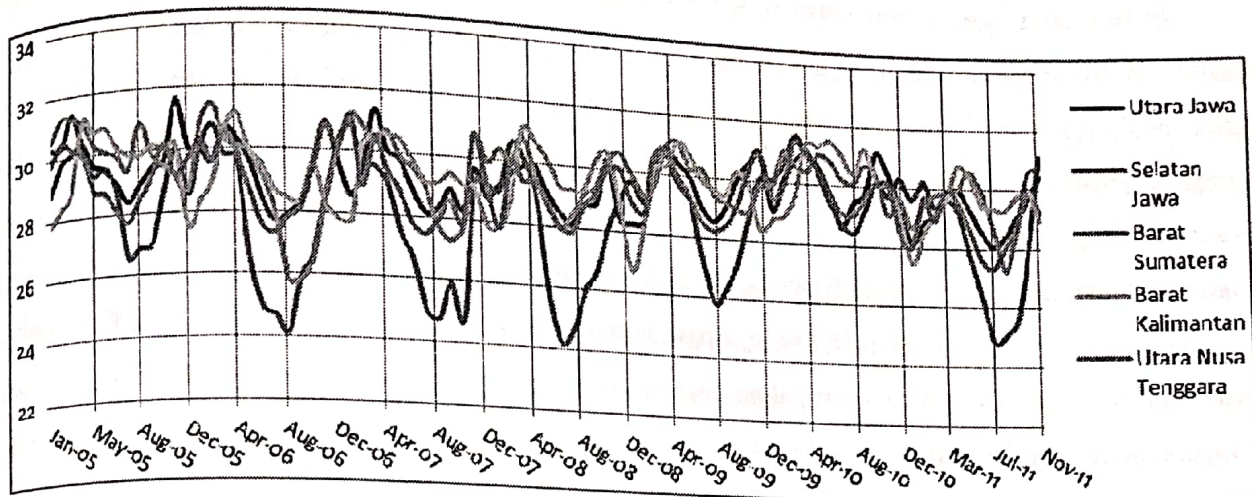
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3.1 memperlihatkan distribusi spasial suhu permukaan laut rata-rata bulanan wilayah perairan Indonesia berdasarkan pantauan citra Aqua MODIS. Rata-rata suhu permukaan laut perairan Indonesia didapat dari pengolahan data selama periode pengamatan sebesar $30,3^{\circ}\text{C}$, dengan suhu terendah $24,20^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi sebesar $34,9^{\circ}\text{C}$. Meskipun demikian, secara spasial waktu terjadinya suhu minimum dan maksimum tidak sama di setiap perairan. Pada umumnya suhu permukaan laut Indonesia pada musim hujan (Desember – Januari) lebih tinggi daripada di musim kemarau (Juni – Agustus), terutama di wilayah perairan selatan Indonesia. Wilayah perairan selatan Jawa, Nusa Tenggara dan Papua memiliki variasi kisaran suhu permukaan laut yang lebih besar dibandingkan perairan lainnya, yaitu minimum 26°C pada bulan Juli – Agustus hingga maksimum sekitar 32°C pada Desember – Februari. Sedangkan wilayah perairan lain pada umumnya memiliki variasi yang lebih kecil, yaitu antara $28\text{--}31,5^{\circ}\text{C}$.

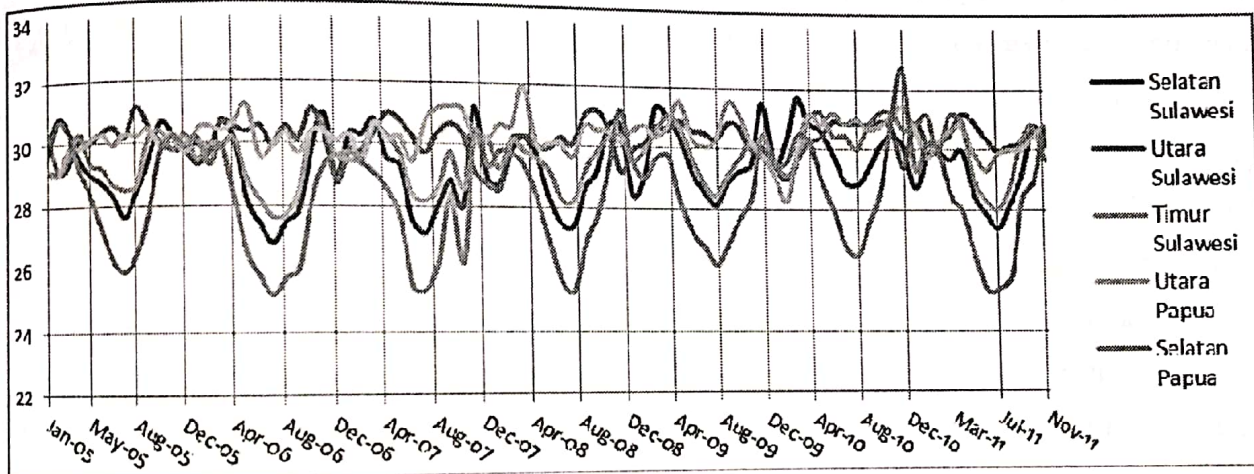
Perbandingan SPL di beberapa titik wilayah perairan Indonesia secara time series tersaji pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3. Terdapat 10 lokasi perairan yang dijadikan sampel pengamatan, terdiri dari: perairan sebelah barat Sumatera, selatan dan utara Jawa, barat Kalimantan, utara Nusa Tenggara (Gambar 3.2), perairan sebelah selatan, utara dan timur Sulawesi, serta utara dan selatan Papua (Gambar 3.3). Berdasarkan gambar, terlihat bahwa wilayah perairan selatan memiliki variasi nilai SPL yang lebih besar dibandingkan perairan lainnya. Pola naik turunnya suhu permukaan di kesepuluh titik pengamatan menunjukkan pola yang hampir sama, yaitu rata-rata minimum pada bulan Juli – Agustus dan maksimum pada Desember – Februari. Perairan di selatan Jawa dan selatan Papua memiliki variasi yang paling besar diantara wilayah perairan lainnya. Dari grafik time series, diketahui pola kecenderungan perubahan (gradien) suhu permukaan laut bulanan selama 7 tahun pengamatan. Hasilnya, nilai slope di beberapa titik tersebut cenderung tetap (mendekati nol), dengan rata-rata sebesar $+13.10^{-5}$. Dapat dikatakan bahwa nilai suhu permukaan laut tidak mengalami perubahan yang signifikan selama periode pengamatan.



Gambar 3.1 Sebaran spasial suhu permukaan laut bulanan di wilayah perairan Indonesia hasil pengamatan citra Aqua MODIS periode Jan 2005-Des 2011



Gambar 3.2 Sebaran temporal suhu permukaan laut wilayah perairan Indonesia bagian barat hasil citra Aqua MODIS selama periode Jan 2005 – Des 2011



Gambar 3.3 Sebaran temporal suhu permukaan laut wilayah perairan Indonesia bagian timur hasil citra Aqua MODIS selama periode Jan 2005 – Des 2011

Telah ditunjukkan bahwa suhu permukaan laut di perairan Indonesia, berdasarkan data satelit Aqua MODIS, berkisar antara $26,2^{\circ}\text{C}$ hingga $34,9^{\circ}\text{C}$. Variasi suhu permukaan laut secara horisontal, menurut Hutabarat dan Evans (1986), dipengaruhi letak lintang, dimana semakin tinggi letak lintang, maka nilai suhu permukaan laut akan semakin rendah. Sinar matahari yang merambat melalui atmosfer sebelum sampai di daerah kutub akan banyak kehilangan bahang dibandingkan dengan daerah ekuator. Itulah mengapa wilayah perairan selatan Indonesia memiliki nilai suhu permukaan laut yang minimum dibandingkan wilayah perairan umumnya yang terletak di ekuator. Lapisan air di permukaan juga dipengaruhi oleh kondisi meteorologis seperti suhu udara, kecepatan angin, dan intensitas radiasi matahari. Oleh karena itu, suhu permukaan biasanya mengikuti pola musiman, karena dengan adanya perubahan musim akan terjadi perubahan terhadap faktor – faktor tersebut.

Sebaran suhu laut secara vertikal lebih banyak dipengaruhi oleh kedalaman laut. Suhu laut menurun secara teratur sesuai dengan kedalaman. Semakin dalam, suhu akan semakin rendah atau dingin. Hal ini diakibatkan karena kurangnya intensitas matahari yang masuk kedalam perairan. Lapisan air di permukaan akan lebih hangat dibandingkan lapisan dibawahnya karena menerima radiasi matahari pada siang hari. Dengan demikian, pengaruh kedalaman laut tidak terlalu berdampak terhadap sebaran suhu di permukaan (horizontal).

Selain faktor meteorologis, pola arus laut juga mempengaruhi sebaran spasial suhu permukaan laut Indonesia. Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan dalam densitas air laut, maupun oleh gerakan bergelombang panjang. Menurut Ilahude dan Nontji (1990), di wilayah perairan Indonesia mengalir dua sistem arus utama, salah satunya adalah Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Perairan Indonesia merupakan satu lintasan yang mentransfer massa air yang hangat dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia. Oleh karena itu perairan Indonesia memegang peranan penting secara integral dalam sirkulasi termohalin global dan fenomena iklim.

Secara temporal, suhu permukaan laut di wilayah perairan Indonesia mengalami nilai minimum pada sekitar bulan Juli – Agustus, dan maksimum pada bulan Desember – Februari. Nilai ini dipengaruhi oleh pola musim yang banyak didominasi oleh faktor angin akibat perubahan penerimaan radiasi matahari. Menurut Hastenrath (1988), suhu permukaan laut terutama dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari. Selain itu, suhu permukaan laut juga dipengaruhi oleh curah hujan, penguapan, suhu udara, kecepatan angin, kelembaban udara dan keadaan awan. Sistem monsun yang banyak mendominasi pola curah hujan dan cuaca di Indonesia, juga mempengaruhi pola suhu permukaan laut. Pada musim kemarau, sekitar bulan Juni – Agustus, posisi matahari berada di lintang utara, menyebabkan penerimaan radiasi lebih banyak di belahan BBU, sedangkan musim dingin terjadi di belahan BBS. Pada saat itu terjadi pusat tekanan tinggi di atas daratan Australia dan pusat tekanan rendah di atas daratan Asia hingga di Indonesia. Keadaan ini menyebabkan angin berhembus dari Australia menuju Asia (Nontji, 2005). Kondisi inilah yang mempengaruhi wilayah perairan selatan Indonesia (selatan Jawa dan selatan Papua) cenderung jauh lebih rendah dibandingkan perairan lainnya. Sebaliknya, pada bulan Desember – Februari, terjadi musim dingin di belahan BBU dan musim Panas di belahan BBS. Angin berhembus dari Asia menuju Australia. Suhu permukaan laut wilayah perairan Indonesia cenderung lebih hangat, disebabkan oleh intensitas matahari yang maksimum pada bulan-bulan tersebut.

4. KESIMPULAN

Pada umumnya suhu perairan Indonesia pada musim hujan (Desember – Januari) lebih tinggi daripada di musim kemarau (Juni – Agustus). Meskipun demikian, secara spasial waktu terjadinya suhu minimum dan maksimum tidak sama di setiap perairan. Suhu permukaan laut di perairan sebelah selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara mempunyai rentang perubahan cukup besar, yaitu minimum 26°C pada bulan Juli – Agustus hingga maksimum sekitar 32°C pada Desember – Februari. Sedangkan wilayah perairan lain pada umumnya memiliki variasi yang lebih kecil, yaitu antara 28–31,5°C. Kecenderungan perubahan suhu permukaan laut di wilayah perairan Indonesia diukur dari nilai gradiennya. Berdasarkan grafik time series, nilai gradien suhu permukaan laut di 10 lokasi pengamatan cenderung tetap (mendekati nol). Dapat dikatakan bahwa suhu permukaan laut tidak mengalami perubahan yang signifikan selama periode pengamatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Graham, S. 2005. Aqua Project Science. <http://aqua.nasa.gov/>. [7 November 2012].
- Hastenrath, S. 1988. *Climate and Circulation of The Tropic*. D. Reidel Publishing Company. New York.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans. 1986. *Pengantar Oseanografi*. Cetakan ke-3. UI Press. Jakarta.
- Ilahude, A.G., dan A. Nontji., 1990. *Oseanografi Indonesia dan perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina)*. Lokakarya AIPI. Serpong.
- NASA, 2008. About MODIS. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/>. [7 November 2012].
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of Southeast Asian Waters*. The University of California. Sandiego.