

# VERIFIKASI SUHU PERMUKAAN LAUT DI PERAIRAN UTARA PAPUA HASIL ALGORITMA SEADAS CITRA AQUAMODIS DENGAN DATA BUOY TAO

Risyanto dan Sinta Berliana Sipayung

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Dr. Djundjunan No. 133, Bandung 40173; Telp (022) 6037445

risyanto@gmail.com; s\_berlianasipayung@yahoo.com

## Abstract

*Sea Surface Temperature (SST) is one of important parameters to affect weather and climate phenomena such as the change of seasons, tropical storms and El-Nino Southern Oscillation (ENSO). The purpose of this study was to verify SST data from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Aqua satellite with the insitu data obtained from buoy TAO (Tropical Atmosphere Ocean). By utilizing a SeaDAS (SeaWiFS Data Analysis System) algorithm derived from RT-STPS (Real Time Software Telemetry Processing System) and IMAPP (International MODIS/AIRS Processing Package) programs, SST data of MODIS images was extracted by using data additional ancillary obtained from site of NASA (The National Aeronautics and Space Administration). The results of processing the satellite images were shown in the form of time series chart data and verified with statistical tests. Insitu buoy TAO data consists of four observation sites located in the northern ocean of Papua and compared with MODIS image data during the period from January to October 2012. The verification results showed that the SST from MODIS image is 1 to 4 °C (average of 1.27 °C) lower than SST of buoy measurements data. T-test results also showed that there were significant differences between the average of satellite SST data at all four points of location observation with average of buoy SST data. The difference in these SST value possibly affected by the difference of satellite data recording and data buoy measurement time. The absence of clouds filter in Seadas algorithm was also considered to affect value of SST derived from MODIS Aqua satellite instrument.*

**Key words :** Sea Surface Temperature, AQUA, MODIS, Seadas, TAO Buoy

## Abstrak

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi fenomena cuaca dan iklim seperti perubahan musim, badai tropis dan *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO). Penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi data suhu permukaan laut citra MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dari satelit Aqua dengan data insitu yang diperoleh dari data buoy TAO (*Tropical Atmosphere Ocean*). Data suhu permukaan laut citra MODIS diekstrak dengan memanfaatkan algoritma SeaDAS (*SeaWiFS Data Analysis System*) yang diturunkan dari program RT-STPS (*Real Time Software Telemetry Processing System*) dan IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*) dengan menggunakan data tambahan *ancillary* yang diperoleh dari situs NASA (*The National Aeronautics and Space Administration*). Data hasil pengolahan citra satelit ditampilkan dalam bentuk grafik *time series* dan diverifikasi melalui uji statistik. Data insitu buoy TAO terdiri dari 4 lokasi pengamatan di wilayah perairan utara Papua yang akan dibandingkan dengan data citra MODIS selama periode Januari – Oktober 2012. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa suhu permukaan laut dari citra MODIS lebih rendah 1 sampai 4°C

(rata-rata 1,27°C) dibandingkan suhu permukaan laut hasil pengukuran buoy. Hasil uji-T juga menunjukkan bahwa rata-rata data SPL satelit di keempat titik lokasi pengamatan berbeda nyata dengan rata-rata data SPL buoy. Perbedaan nilai SPL kemungkinan disebabkan karena adanya perbedaan waktu antara perekaman data satelit dengan pengukuran data buoy. Tidak adanya filter awan dari algoritma Seadas juga mempengaruhi nilai SPL yang diturunkan satelit Aqua dari instrumen MODIS ini.

**Kata kunci :** Suhu Permukaan Laut, AQUA, MODIS, Seadas, Buoy TAO

---

## 1. PENDAHULUAN

Suhu Permukaan Laut (SPL) merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi fenomena cuaca dan iklim di Indonesia seperti perubahan musim, badai tropis, *El-Nino Southern Oscillation* (ENSO) dan *Indian-Ocean Dipole Mode* (IODM). Selain itu, SPL juga merupakan faktor yang mendapatkan banyak perhatian dalam pengkajian-pengkajian kelautan. Data suhu permukaan laut tersebut dapat dimanfaatkan untuk mempelajari gejala-gejala fisik di lautan dan kaitannya dengan kehidupan organisme di laut (Nontji, 2005). Indonesia merupakan negara maritim yang hampir 70% wilayahnya merupakan lautan. Wilayah perairan Indonesia memiliki karakter oseanografi yang cukup dinamis, salah satunya seperti di wilayah perairan utara Papua.

Wilayah perairan utara Papua merupakan tempat berkumpulnya massa air yang datang dari bumi belahan selatan melalui *South Equatorial Current* (SEC) dan utara dari samudera pasifik melalui *North Equatorial Current* (NEC) serta *North Equatorial Counter Current* (NECC) (Kashino et al., 2011). Dengan karakteristik oseanografi yang sangat dinamis, perairan ini menjadi subur dan memiliki kelimpahan hayati yang cukup tinggi. Wilayah perairan utara Papua mengalami angin pasat yang terjadi sepanjang tahun. Di sepanjang perairan tropis pasifik angin pasat membawa massa air hangat tropis ke bagian barat samudera dan mengumpul di wilayah tropis perairan utara Papua. Oleh karena itu, wilayah ini dikenal sebagai kolam air hangat (*warm pool*). Massa air ini dikenal memiliki suhu hangat ( $> 29^{\circ}\text{C}$ ) dan berkadar garam rendah ( $< 32\%$ ) (Wyrтки, 1961).

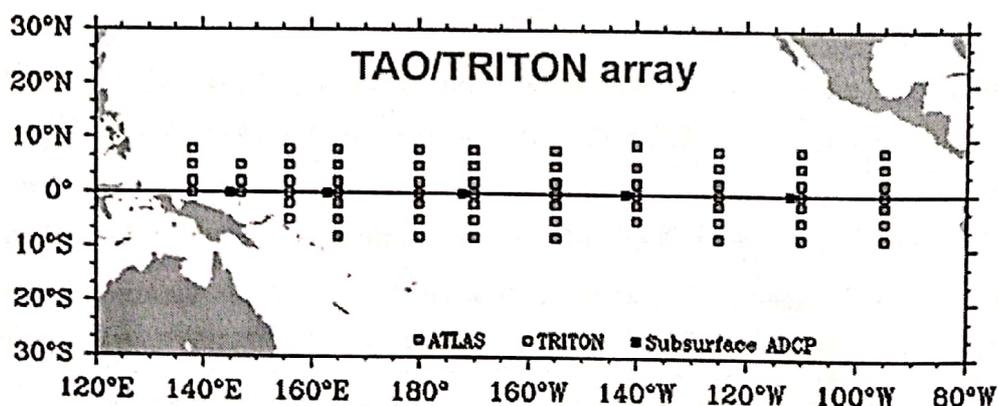
Teknologi yang saat ini berkembang dalam hal pengamatan data atmosfer dan laut adalah dengan memanfaatkan penginderaan jauh melalui citra satelit. Sehingga data SPL, selain melalui pengukuran langsung, juga dapat diperoleh melalui ekstraksi data satelit penginderaan jauh. Penggunaan data satelit memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah wilayah pengukuran yang lebih luas dengan resolusi spasial dan temporal yang memadai. Salah satu data satelit yang dapat diperoleh secara bebas adalah satelit Terra dan Aqua yang dioperasikan oleh NASA (*The National Aeronautics and Space Administration*), Amerika Serikat. Satelit yang membawa instrumen MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) ini diharapkan dapat

---

memberikan informasi SPL dengan lebih baik dan akurat. Hal ini dikarenakan MODIS memiliki 36 kanal spektral yang bekerja pada kisaran gelombang visible dan infra merah (1-19 dan 26) dan termal pada kanal-kanal selebihnya.

Khusus untuk perairan tropis, pengembangan dan validasi algoritma SPL masih jarang dilakukan mengingat sumber daya dan fasilitas yang sangat terbatas. Faktor cuaca yang memiliki frekuensi tutupan awan tinggi serta curah hujan yang tinggi menjadikan algoritma yang dikembangkan di lintang menengah dan tinggi (algoritma yang tersedia saat ini) menjadi kurang cocok diaplikasikan untuk perairan Indonesia (lokal) (Isnawati, 2011). Salah satu program pengolah data mentah citra Aqua/Terra MODIS menjadi data level dua adalah IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*). Melalui program ini, berbagai produk MODIS, baik atmosfer, laut dan darat dapat dihasilkan secara otomatis. Produk laut (*ocean*) yang dihasilkan program IMAPP, terdiri dari data SPL dan kandungan klorofil-a, menggunakan algoritma Seadas sebagai basis pemrogramannya. Dengan resolusi 1 km dan cakupan wilayah yang cukup luas (lebar *swath* sekitar 2300 km), data SPL dari citra MODIS ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif basis data yang dapat diandalkan.

Pencatatan data suhu permukaan laut pada buoy TAO dimulai pada tahun 1977 sampai sekarang yang terletak di Pasifik tropis, Atlantik, dan Samudera India. Buoy TRITON dioperasikan di wilayah Pasifik barat pada tahun 1999, buoy ini mengukur data suhu pada kedalaman 1,5 m. Data suhu yang tersedia memiliki interval waktu yang berbeda-beda yaitu data per jam, 15 menit, dan 10 menit (McPhaden, 2010 dalam Isnawati, 2011) sedangkan nilai bias dari data buoy ini adalah  $0,1^{\circ}\text{C}$  (Murakami, 1999). Buoy TAO/TRITON dioperasikan oleh NOAA Amerika, JAMSTEC Jepang dengan kontribusi dari IRD/ORSTOM Perancis. Buoy TAO terpasang sepanjang garis khatulistiwa di Samudera Pasifik seperti terlihat pada Gambar 1.1.



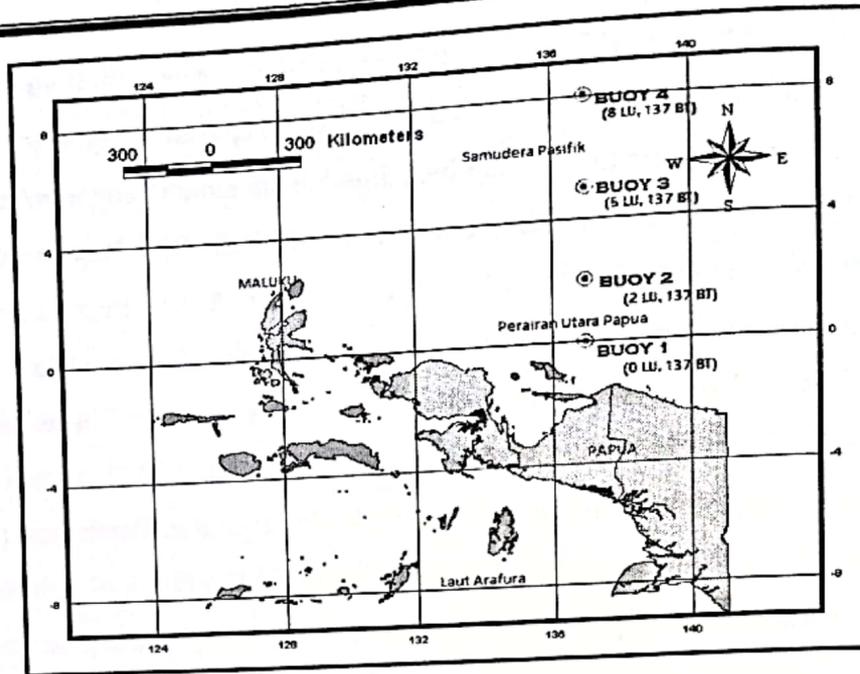
**Gambar 1.1** Konfigurasi Buoy TAO/TRITON di Sepanjang Khatulistiwa Samudera Pasifik  
(Sumber: [http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj\\_over/map\\_array.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/map_array.html))

Mengingat pentingnya data SPL baik untuk pengkajian cuaca dan iklim maupun bidang kelautan, peningkatan kualitas data dari sisi akurasi dan resolusi spasial maupun temporal sangatlah diperlukan. Salah satu alternatif yang diharapkan bisa diandalkan adalah dengan memanfaatkan data SPL hasil estimasi algoritma Seadas dari pengamatan citra MODIS. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memverifikasi data SPL citra MODIS dari satelit Aqua dengan menggunakan data insitu yang diperoleh dari data buoy TAO di wilayah perairan utara Papua. Data suhu permukaan laut citra MODIS diekstrak dengan memanfaatkan algoritma Seadas yang diturunkan dari program RT-STPS (*Real Time Software Telemetry Processing System*) dan IMAPP dengan menggunakan data tambahan *ancillary* yang diperoleh dari situs NASA. Posisi lautan Papua yang strategis serta tersedianya data observasi suhu permukaan laut dari buoy TAO (*Tropical Atmosphere Ocean*) menjadikan wilayah perairan utara Papua menjadi pilihan lokasi kajian dalam penelitian ini.

## 2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data harian citra MODIS hasil olahan program IMAPP produk *ocean* (Seadas) serta data harian suhu permukaan laut buoy TAO selama periode Januari sampai Oktober 2012. Citra MODIS diperoleh dari sistem penerima data satelit dari stasiun bumi LAPAN Pare-pare, Sulawesi Selatan, sedangkan data Suhu Permukaan Laut insitu diperoleh dari situs TAO ([http://www.pmel.noaa.gov/tao/data\\_deliv/deliv.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/data_deliv/deliv.html)). Wilayah kajian penelitian adalah perairan utara Papua dengan mengambil 4 titik lokasi buoy, terdiri dari Buoy-1 ( $0^{\circ}$  LU,  $137^{\circ}$  BT), Buoy-2 ( $2^{\circ}$  LU,  $137^{\circ}$  BT), Buoy-3 ( $5^{\circ}$  LU,  $137^{\circ}$  BT) dan Buoy-4 ( $8^{\circ}$  LU,  $137^{\circ}$  BT) seperti disajikan pada Gambar 2.1.

Pengolahan data citra MODIS dimulai dengan mengkonversi data mentah (*raw data*) menjadi data level-0 menggunakan program RTSTPS (*Real Time Software Telemetry Processing System*). Pengolahan selanjutnya menjadi level 1-A, 1-B dan pengolahan geolokasi serta menjadi data level 2 produk Seadas dilakukan dengan menggunakan program IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*). Data SPL dari produk Seadas kemudian diekstrak dan diambil nilainya untuk setiap lokasi (titik) kajian. Data SPL titik ditentukan dari rata-rata nilai piksel sebesar  $0,25^{\circ}$  di sekitar titik tersebut. Ekstraksi dan penentuan data SPL titik dilakukan dengan software HDFView dan Microsoft Excel.



Gambar 2.1 Lokasi Buoy TAO yang menjadi wilayah kajian penelitian

Verifikasi data SPL MODIS dengan data buoy dilakukan secara visual, berdasarkan grafik time series dan grafik 1:1, serta secara statistik dengan uji-T dua sampel menggunakan program Minitab 14. Metode statistik ini dilakukan untuk menguji kesamaan rata-rata dari dua populasi (SPL MODIS dan SPL buoy) yang bersifat independen, dimana antara populasi satu dengan lainnya tidak berpengaruh atau tidak saling berhubungan. Hipotesis yang dirumuskan dalam uji-T ini adalah sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2, \text{ dan } H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dimana  $\mu_1$  adalah data SPL in-situ dari buoy TAO dan  $\mu_2$  adalah data SPL Citra MODIS dari algoritma Seadas. Pengambilan keputusan apakah hipotesis diterima atau ditolak, ditentukan dari nilai T-hitung. Jika T-hitung lebih kecil dari T-tabel (berada dalam selang kritis T), maka hipotesis nol ( $H_0$ ) diterima, dan sebaliknya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

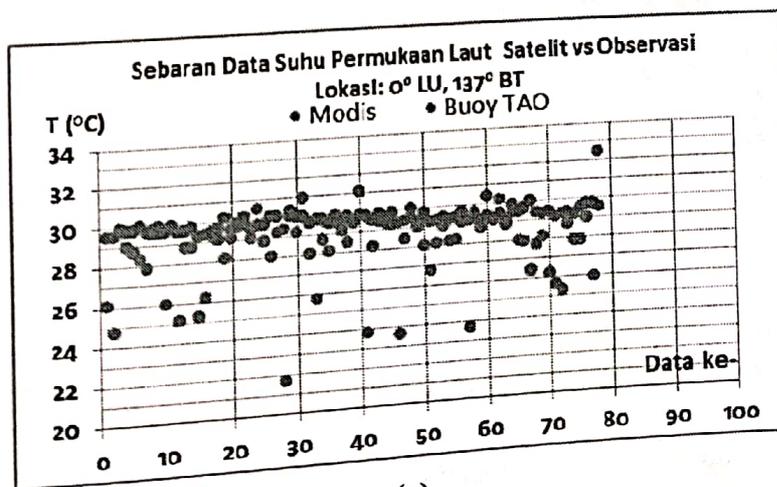
Deskripsi statistik (rata-rata, minimum, maksimum, standar deviasi) data SPL citra MODIS dan buoy TAO di keempat lokasi pengamatan tersaji pada Tabel 3.1. Pada Tabel, rata-rata suhu permukaan laut harian di wilayah perairan utara Papua, berdasarkan pengamatan buoy, adalah sebesar 29,3°C, dengan kisaran 28-31°C selama bulan Januari-Oktober 2012. Hasil pengolahan data SPL citra MODIS di keempat lokasi buoy menunjukkan bahwa nilai yang diberikan algoritma Seadas rata-rata lebih rendah sekitar 1,27°C dibandingkan data observasi. Meskipun demikian, nilai

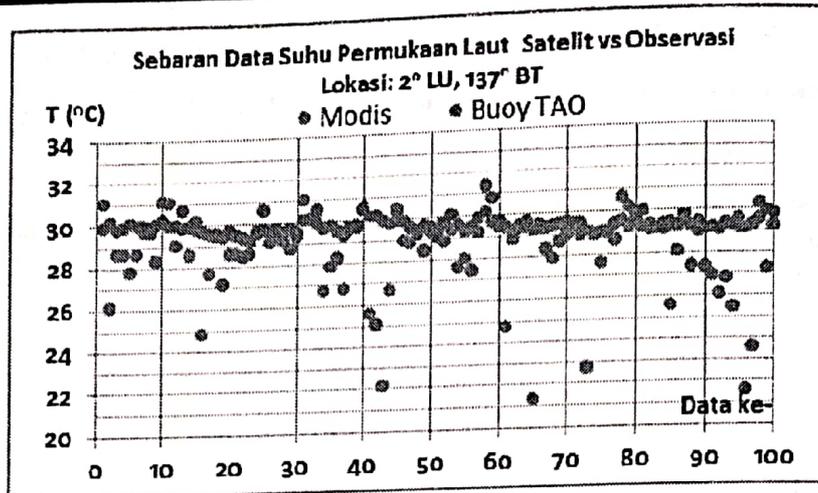
minimum yang diperoleh citra MODIS jauh lebih rendah dari data buoy hingga mencapai  $7,4^{\circ}\text{C}$ , sedangkan nilai maksimum rata-ratanya lebih besar sekitar  $1,33^{\circ}\text{C}$  dari data buoy.

**Tabel 3.1** Deskripsi statistik data Suhu Permukaan Laut citra Aqua MODIS dan observasi di keempat titik pengamatan periode Jan-Okt 2012

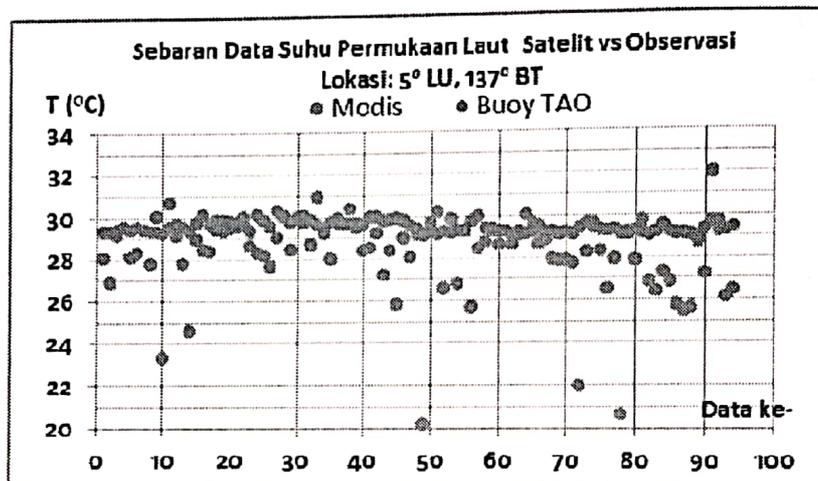
	Buoy-1 0°LU,137°BT		Buoy-2 2°LU,137°BT		Buoy-3 5°LU,137°BT		Buoy-4 8°LU,137°BT	
	MODIS	Obs	MODIS	Obs	MODIS	Obs	MODIS	Obs
Jumlah Data	78	78	103	103	94	94	88	88
Minimum ( $^{\circ}\text{C}$ )	21,70	29,03	21,32	28,86	20,21	28,88	20,27	28,27
Maksimum( $^{\circ}\text{C}$ )	32,40	30,36	31,38	30,50	31,98	30,27	31,99	30,36
Rata-rata( $^{\circ}\text{C}$ )	28,28	29,61	28,38	29,58	28,18	29,46	28,04	29,31
Standar Deviasi	1,93	0,28	2,01	0,33	1,96	0,29	1,91	0,48
Selisih SPL-Obs	1,33	0	1,20	0	1,28	0	1,27	0

Gambar 3.1 menyajikan plot sebaran data harian antara SPL citra MODIS dibandingkan dengan SPL hasil pengukuran buoy TAO di keempat titik pengamatan secara time series. Jumlah data yang tertera pada sumbu-x disesuaikan dengan ketersediaan data citra MODIS, sehingga grafik yang ditampilkan memiliki skala waktu yang tidak linier, tetapi hanya menunjukkan urutan data. Berdasarkan gambar terlihat bahwa rata-rata nilai SPL yang dihasilkan citra MODIS berada di bawah nilai SPL buoy pada semua titik kajian (Buoy-1 s/d Buoy-4). Tidak dapat diketahui apakah pola naik-turunnya nilai SPL citra MODIS mengikuti pola yang diberikan SPL observasi. Kisaran nilai SPL (maksimum-minimum) yang diberikan citra MODIS juga lebih tinggi dibandingkan SPL observasi. Meskipun demikian, nilai SPL citra MODIS yang mendekati atau sama dengan nilai observasi juga terlihat cukup banyak.

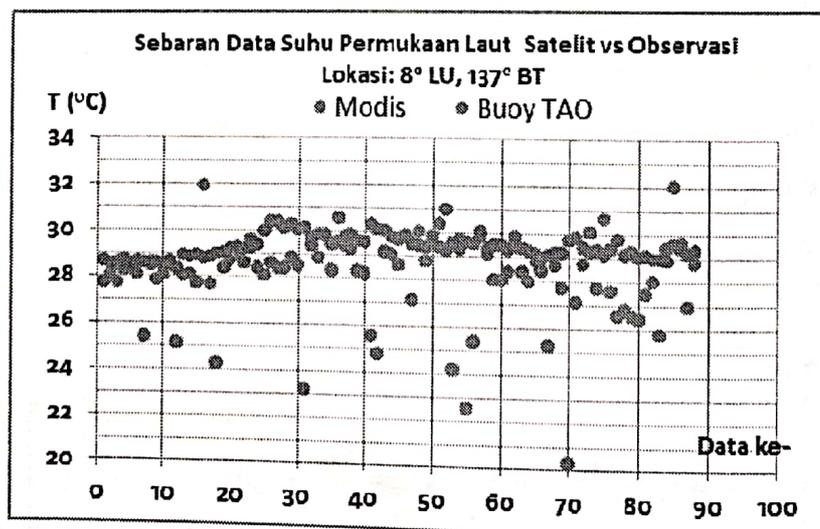




(b)



(c)



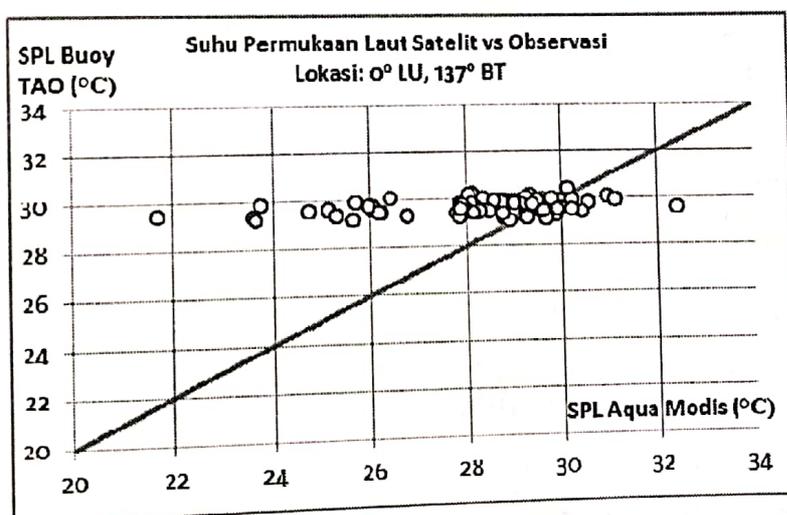
(d)

**Gambar 3.1** Sebaran data Suhu Permukaan Laut citra Aqua MODIS dan observasi di keempat titik pengamatan periode Jan-Okt 2012 (a) Buoy-1, (b) Buoy-2, (c) Buoy-3, (d) Buoy-4

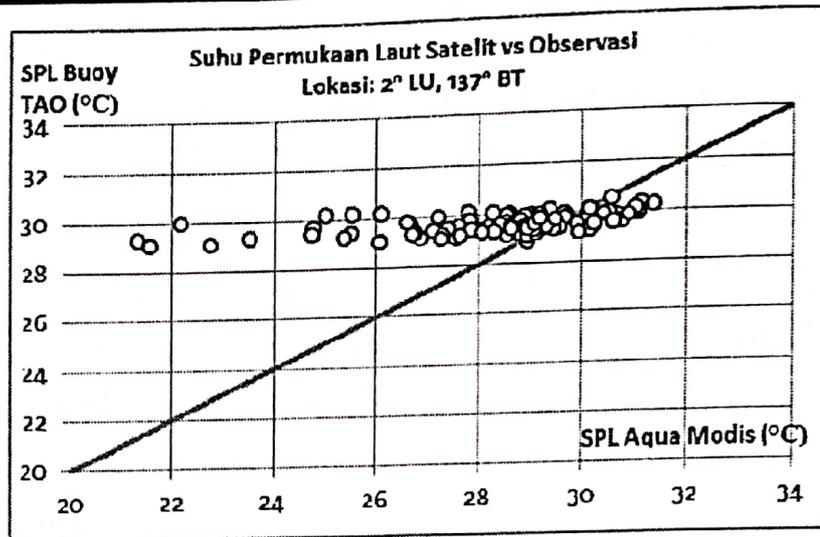
Gambar 3.2 menyajikan grafik perbandingan 1:1 antara SPL data MODIS dengan data observasi buoy TAO. Jika nilai SPL MODIS sama dengan nilai SPL observasi, maka titik plot data

akan berada tepat pada garis 1:1. Hasil plot data selama periode Januari–Oktober 2012 menunjukkan bahwa nilai SPL citra MODIS tidak sepenuhnya berada pada garis 1:1, yang berarti rata-rata nilai SPL citra MODIS berbeda dengan data observasi buoy TAO. Hal yang demikian terjadi pada keempat lokasi titik pengamatan (Buoy 1-4). Berdasarkan grafik juga terlihat bahwa rata-rata plot, di keempat titik pengamatan, berada di sebelah kiri (atas) garis 1:1 yang menandakan bahwa nilai SPL citra MODIS kebanyakan lebih rendah dari SPL data observasi.

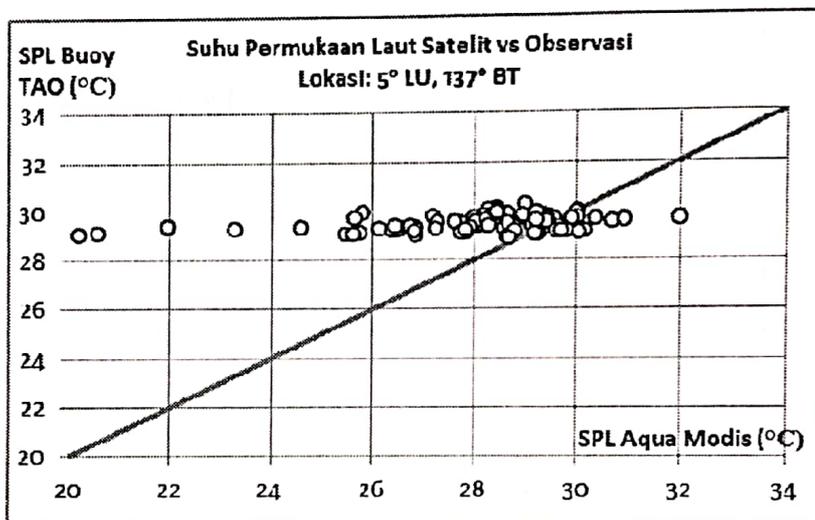
Verifikasi data SPL citra MODIS dengan data buoy TAO juga dilakukan melalui metode statistik menggunakan Uji-T. Metode ini bertujuan untuk menguji kesamaan rata-rata dari 2 populasi yang bersifat independen, dimana peneliti tidak memiliki informasi mengenai ragam populasi. Independen yang dimaksud adalah bahwa populasi yang satu tidak dipengaruhi atau tidak berhubungan dengan populasi yang lain. Uji dilakukan untuk mengetahui apakah nilai SPL yang diberikan citra MODIS tidak berbeda nyata dengan data SPL buoy TAO ( $H_0$ ). Berdasarkan hasil perhitungan, dengan selang kepercayaan sebesar 95%, nilai T-hitung yang diperoleh dari keempat titik pengamatan lebih besar daripada T-tabel (lihat Tabel 3.2). Hasil ini menunjukkan bahwa Hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak, dan menerima  $H_1$ , yang berarti nilai SPL dari citra MODIS berbeda nyata dengan nilai SPL buoy TAO.



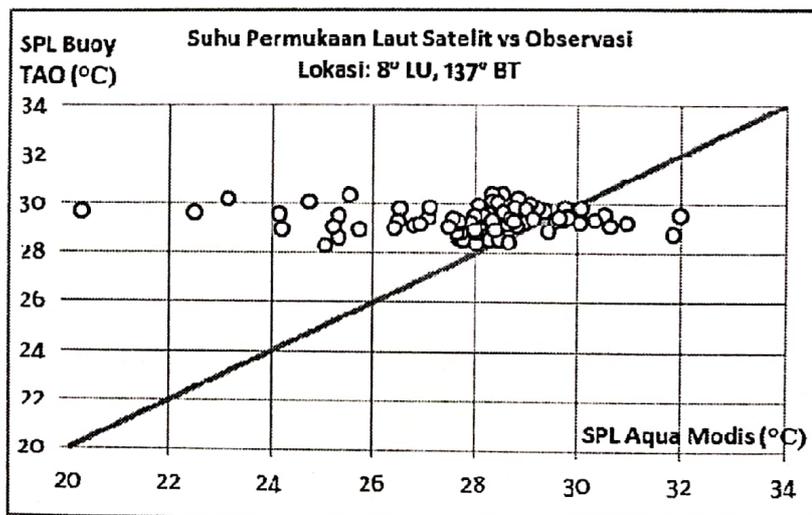
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.2** Grafik perbandingan 1:1 antara data Suhu Permukaan Laut citra Aqua MODIS dengan observasi di keempat titik pengamatan periode Jan-Okt 2012 (a) Buoy-1, (b) Buoy-2, (c) Buoy-3, (d) Buoy-4

**Tabel 3.2** Hasil Uji-T Dua Sampel data Suhu Permukaan Laut citra Aqua MODIS dengan observasi di keempat titik pengamatan periode Jan-Okt 2012.

Verifikasi SPL MODIS dengan Buoy TAO	Buoy-1 0°LU,137°BT	Buoy-2 2°LU,137°BT	Buoy-3 5°LU,137°BT	Buoy-4 8°LU,137°BT
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
T-Value	6.02	5.97	6.28	6.04
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000
DF	80	107	97	97
T-Table	1.990	1.984	1.984	1.984

Hasil-hasil pengolahan data baik secara visual (grafik) maupun uji statistik memperlihatkan bahwa nilai SPL yang diturunkan algoritma Seadas dari citra Aqua MODIS tidak memberikan nilai yang sama (berbeda nyata) dengan nilai SPL observasi dari buoy TAO. Secara umum nilai SPL hasil satelit lebih rendah dibandingkan SPL observasi. Hal ini dimungkinkan oleh tidak adanya filter awan pada algoritma Seadas sehingga pada banyak sampel, mengingat kondisi Indonesia yang sering berawan, data SPL yang diberikan tidak menunjukkan nilai yang sebenarnya.

Perbedaan waktu pengamatan antara perekaman data satelit dengan pengukuran buoy TAO juga dikhawatirkan menjadi penyebab perbedaan nilai SPL. Seperti diketahui, satelit Aqua melintas dua kali setiap hari pada sekitar pukul 13.00-14.00 waktu setempat, sedangkan data pengukuran buoy TAO diambil pada pukul 12.00. Meskipun demikian, Krismianto (2012) mengungkapkan bahwa nilai varian harian dari data SPL jam-jaman buoy TAO adalah sangat kecil dan mendekati nol, atau dalam kata lain dalam skala waktu jam-jaman nilai SPL tidak banyak berubah, sehingga kekhawatiran tersebut seharusnya dapat diabaikan.

Penelitian mengenai validasi data satelit dengan data insitu buoy TAO di wilayah perairan utara juga dilakukan oleh Sukresno dkk (2008) dan Isnawati (2011), yang menggunakan data dari satelit NOAA-AVHRR. Kedua peneliti tersebut menyimpulkan bahwa SPL hasil pengukuran buoy TAO relatif lebih tinggi di bandingkan dengan SPL satelit NOAA-AVHR. Perbedaan ini disebabkan oleh 'cool skin effect', yaitu lapisan permukaan laut yang sangat tipis (beberapa mikrometer) yang lebih dingin dari air bawahnya (Isnawati, 2011). Satelit hanyamendeteksi suhu permukaan laut (cool skin) pada kedalaman 3,70-12,00 m sedangkan SPL hasil pengukuran yang dideteksi oleh buoy TAO/TRITON dilakukan pada kedalaman 1,50 m.

Penentuan nilai SPL dari citra MODIS menggunakan algoritma Seadas tidak memberikan nilai yang mendekati data observasi untuk kasus di wilayah perairan utara Papua. Oleh karena itu,

perlu dilakukan beberapa modifikasi agar data SPL citra MODIS tetap dapat digunakan. Meskipun demikian, terdapat pula beberapa kasus dimana nilai yang dihasilkan citra MODIS tidak berbeda dengan observasi. Ini menandakan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik data citra MODIS khususnya produk Seadas, sehingga dapat diketahui penyebab perbedaan data satelit dengan nilai yang sebenarnya. Hal lain yang juga perlu diperhatikan adalah kondisi perawanan pada saat pengambilan data. Dengan memastikan kondisi awan cerah (*clear sky*) perbedaan hasil perekaman satelit dengan nilai yang sebenarnya dapat diminimalisasi.

#### 4. KESIMPULAN

Rata-rata suhu permukaan laut harian di wilayah perairan utara Papua, berdasarkan pengamatan buoy, adalah sebesar  $29,3^{\circ}\text{C}$ , dengan kisaran  $28-31^{\circ}\text{C}$  selama bulan Januari-Oktober 2012. Hasil pengolahan data SPL citra MODIS di keempat lokasi buoy menunjukkan bahwa nilai yang diberikan algoritma Seadas rata-rata lebih rendah sekitar  $1,27^{\circ}\text{C}$  dibandingkan data observasi. Hasil-hasil pengolahan data baik secara visual (grafik) maupun uji statistik memperlihatkan bahwa nilai SPL yang diturunkan algoritma Seadas dari citra Aqua MODIS tidak memberikan nilai yang sama (berbeda nyata) dengan nilai SPL observasi dari buoy TAO. Secara umum nilai SPL hasil satelit lebih rendah dibandingkan SPL observasi. Hal ini dimungkinkan oleh tidak adanya filter awan pada algoritma Seadas sehingga pada banyak sampel, data SPL yang diberikan tidak menunjukkan nilai yang sebenarnya.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Isniawati, H. 2011. Validasi dan Pengembangan Algoritma Suhu Permukaan Laut Pathfinder Satelit NOAA-AVHRR di Perairan Utara Papua. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kashino, Y., A. Ishida, dan S. Hosoda. 2011. Observed Ocean Variability in The Mindanao Dome Region. American Meteorological Society. DOI:10.1175/2010JPO4329.1. Pp.287-301.
- Krismianto. 2012. Identifikasi Varian Jam-jaman Perubahan Suhu Permukaan Laut Menggunakan data Buoy TAO (*Tropical Atmosphere Ocean*). Dalam Hermawan, dkk (Ed). Atmosfer Indonesia: Sains, Teknologi dan Aplikasinya. CV Andira. Bandung.
- Murakami, H. 1999. Surface Temperature Estimation using Visible and Infrared Scanner (VIRS). National Space Development Agency of Japan. Tokyo.
- Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Sukresno, B., A. Zahrudin, dan Dedy. 2008. Validasi Algoritma MCSST Satelit NOAA - AVHRR Untuk Penentuan Suhu Permukaan Laut dengan Menggunakan Data Buoy TAO. Jurnal Kelautan Nasional. 3(1):12-25.
- Wyrtki, K. 1961. Physical Oceanography of Southeast Asian Waters. The University of California. Sandiego.