

KETEPATAN PENGUKURAN SUHU PERMUKAAN LAUT DENGAN NOAA-AVHRR DAN ARTINYA BAGI PENELITIAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

(The Accuracy of NOAA-AVHRR Derived Sea Surface Temperatures and Its Importance
for Fisheries and Marine Researches)

Setyo Budi Susilo¹

ABSTRAK

Pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit telah banyak dilakukan. Mengingat berbagai sumber kesalahan pengukuran dalam metoda ini, beberapa peneliti sering meragukan ketepatan pengukurannya.

Percobaan ini bertujuan untuk menganalisa ketepatan pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit dan artinya bagi penelitian-penelitian di bidang perikanan dan kelautan.

Pasangan data suhu permukaan laut yang diukur *in situ* melalui satelit dianalisa secara statistik. Analisa statistik menunjukkan bahwa 9 pasang data yang digunakan dalam percobaan ini, terlalu sedikit untuk dapat digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan mengenai ketepatan pengukuran. Terlepas dari ini, banyak penelitian di bidang perikanan dan kelautan yang tidak terpengaruh oleh besarnya ketepatan pengukuran (bias), mengingat hanya gradien suhu secara horizontal yang diperlukan dan bukan nilai suhunya itu sendiri.

Kata-kata kunci: NOAA-AVHRR, suhu permukaan laut, ketepatan, perikanan dan kelautan

ABSTRACT

Satellite measurements of sea surface temperatures have been used as input data activity in marine science researches as well as in global climate processes studies all over the world for the last decade. Some scientists, however, are still wondering about the accuracy of this method. This study is intended to calculate the accuracy of satellite-derived sea surface temperatures in relation to the usefulness for marine and fisheries studies. Statistical examination of the satellite data calibration is discussed in addition to look over the nature of error sources of measurements.

Paired data of satellite and *in situ* measurements of sea surface temperature are analysed using DSP-satellite image processing software and Statistical Analysis Software (SAS). Statistical analysis of those data shows that 9 pair data are considered to be too small for satellite accuracy calculation. Regardless the statistical problem, satellite-derived sea surface measurements are always biased. The nature of error sources both satellite and *in situ* measurements makes it is not possible to avoid the bias. Unless detail small-scale study is conducted, large scale study, spatially and temporally, in marine and fisheries processes seems to be not affected very much by the accuracy of satellite measurements. Studies of fronts, upwelling, fishing grounds, and other large-scale oceanographic processes do not necessarily need the information of absolute values of sea surface temperatures rather than the relative spatial distribution or temporal change of sea surface temperature.

Key words: NOAA-AVHRR satellite measurement, sea surface temperature, accuracy, marine and fisheries

¹ *Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor (IPB)
Jl. Rasamala, Kampus Darmaga, Bogor 16610 Indonesia*

PENDAHULUAN

Penggunaan satelit untuk mengukur suhu permukaan laut saat ini telah menjadi hal yang tidak asing lagi bagi ahli-ahli kelautan dan perikanan. Sensor satelit yang paling sering digunakan untuk pengukuran suhu permukaan laut ini adalah AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) yang dibawa oleh satelit-satelit NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) milik Amerika Serikat. Setiap metode pengukuran suhu permukaan laut dengan satelit mempunyai tingkat ketepatan (accuracy) tersendiri dan bergantung kepada beberapa faktor yang berbeda menurut tempat dan waktu. Pengetahuan mengenai ketepatan pengukuran suhu permukaan laut ini sangat penting mengingat penelitian kelautan dan perikanan menuntut ketepatan pengukuran yang berbeda-beda sesuai dengan tujuan penelitian.

Prinsip pengukuran suhu permukaan laut dengan gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang infra merah ini adalah berdasarkan kenyataan bahwa secara radiometris air laut sangat mirip dengan "benda hitam (blackbody)" pada panjang gelombang infra merah (Maul, 1985). Benda hitam ini jika mempunyai suhu di atas nol absolut (0°K), menurut hukum radiasi Planck akan memancarkan energi gelombang elektromagnetik dengan sebaran panjang gelombang yang khas bergantung pada suhu (Singh dan Warren, 1983). Emisivitas permukaan laut pada panjang gelombang infra merah sangat mendekati satu, sehingga sifat-sifat radiasi benda hitam pada panjang gelombang ini dapat dianggap sama dengan sifat-sifat radiasi lautan.

Tidak seluruh radiasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang infra merah dapat menembus atmosfer mengingat uap air dan berbagai gas dapat menyerap radiasi ini pada panjang gelombang tertentu. "Jendela atmosfer" pada panjang gelombang infra merah dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan hal ini sensor satelit untuk mengukur suhu laut dibuat sedemikian sehingga hanya akan mendeteksi radiasi pada kanal-kanal jendela atmosfer. Walaupun demikian, transmisivitas jendela atmosfer tersebut tidaklah sama dengan satu sehingga koreksi atmosfer tetap harus dilakukan terhadap

METODE PENELITIAN

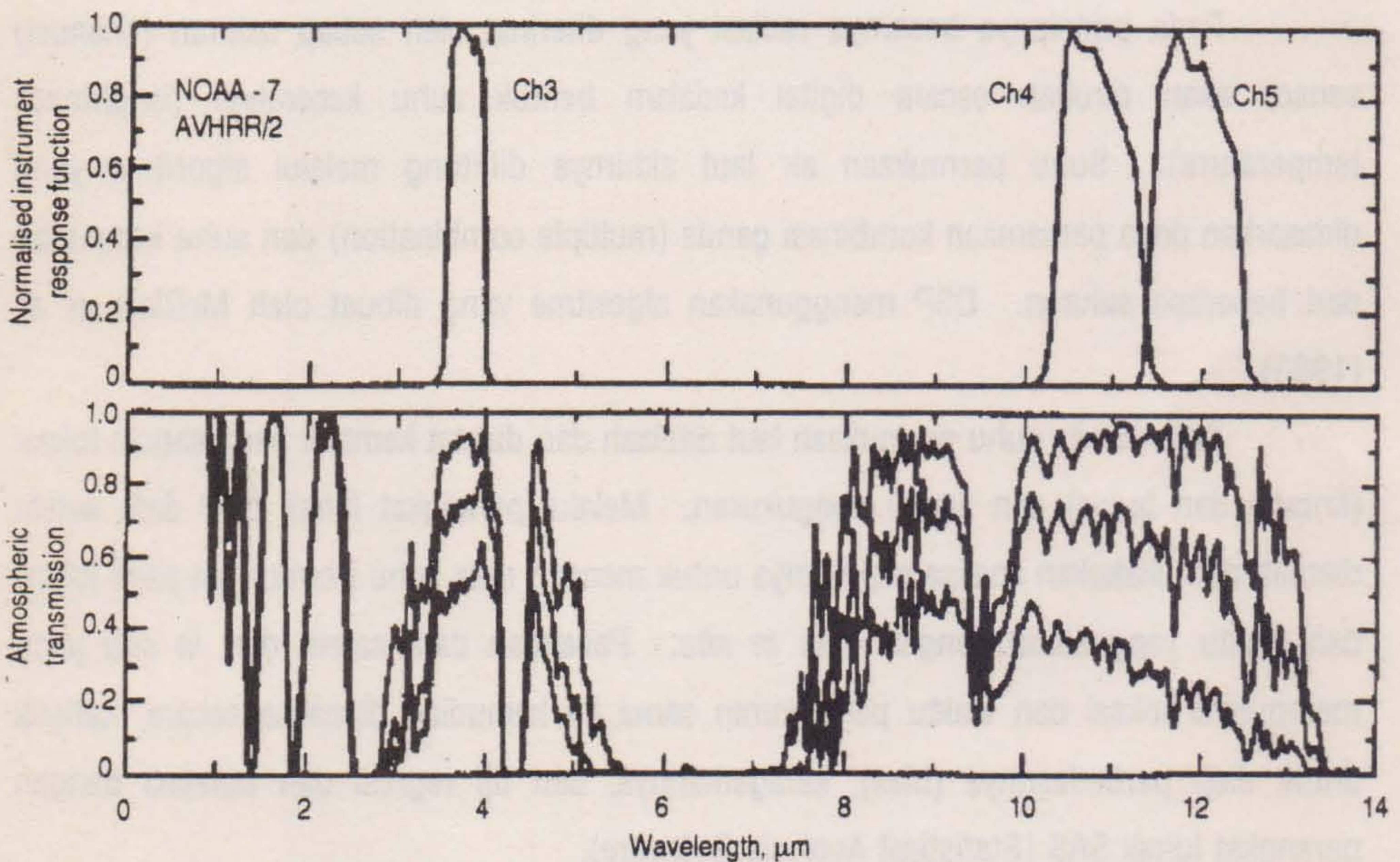
Percobaan ini didasarkan pada data yang dikumpulkan oleh Dr. David M. Checkley, Jr. dari Department of Marine, Earth and Atmospheric Sciences, North Carolina State University, USA. Data satelit NOAA-9 AVHRR yang diperoleh dari NASA diolah dengan perangkat lunak DSP yang ada di departemen tersebut. Data *in situ* berasal dari pengukuran dengan Buoy dan Kapal Penelitian (R/V) Cave Hatteras.

Pada prinsipnya besarnya radiasi yang diterima oleh setiap saluran (channel) sensor akan dirubah secara digital kedalam bentuk suhu kecerahan (brightness temperature). Suhu permukaan air laut akhirnya dihitung melalui algoritme yang didasarkan pada persamaan kombinasi ganda (multiple combination) dari suhu kecerahan dari beberapa saluran. DSP menggunakan algoritme yang dibuat oleh McClain *et al.* (1983).

Data *in situ* suhu permukaan laut ditelaah dan dicatat kembali berdasarkan lokasi (lintang dan bujur) dan waktu pengukuran. Melalui perangkat lunak DSP data satelit diamati dan dilakukan analisa seperlunya untuk mencari data suhu permukaan pada lokasi dan waktu yang sama dengan data *in situ*. Pasangan data satelit dan *in situ* yang mempunyai lokasi dan waktu pengukuran sama ini kemudian dianalisa secara statistik untuk diuji perbedaannya (bias), keragamannya, dan uji regresi dan korelasi dengan perangkat lunak SAS (Statistical Analysis Software).

Apabila ketepatan pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit adalah sempurna maka pasangan data satelit dan *in situ* pada waktu dan tempat yang sama, jika diplotkan akan membentuk suatu garis lurus yang berawal dari titik nol (intercept = 0) dengan kemiringan (slope) sama dengan satu. Jadi hipotesa persamaan garisnya haruslah $Y=X$. Penyimpangan terhadap persamaan tersebut akan menunjukkan adanya ketidaktepatan pengukuran. Indeks ketepatan pengukuran suhu permukaan laut yang biasa digunakan adalah bias terhadap pengukuran *in situ*. Ketepatan pengukuran satelit dianggap tinggi jika bias dengan *in situ* kurang dari $0,5^{\circ}\text{C}$.

radiasi yang diterima oleh sensor. Koreksi atmosfer ini secara teoritis akan berbeda menurut tempat dan waktu dan oleh karenanya ketepatan pengukuran suhu permukaan laut belum tentu sama untuk tempat dan waktu yang berbeda. Apalagi jika dilihat bahwa kepekaan sensor juga akan menurun dengan bertambahnya waktu operasi sensor di angkasa.



Gambar 1. Transmisivitas atmosfer pada daerah panjang gelombang infra merah dan posisi spektral kanal 3, 4, dan 5 AVHRR (dari Minnett *et al.*, 1984).

Tujuan percobaan ini adalah untuk mengukur ketepatan pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit dan pengaruhnya terhadap penelitian-penelitian kelautan dan perikanan. Percobaan ini didasarkan pada data satelit NOAA-AVHRR seri-9 dan pengukuran *in situ* suhu laut pada Januari-Februari 1986 di perairan pantai North Carolina, USA.

HASIL DAN PEMBAHASAN.

Terbatasnya waktu dan data satelit yang baik (bebas dari awan) menyebabkan terbatasnya pasangan data satelit dan *in situ* yang mempunyai waktu dan lokasi pengukuran sama. Pada percobaan ini hanya didapatkan 9 pasang data yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Pasangan data satelit dan *in situ* suhu permukaan laut di perairan pantai North Carolina (Onslow Bay).

Tanggal	Lokasi		Suhu (°C)	
	Lintang Utara	Bujur Barat	in situ	satelit
21/1/86	34,267	76,670	19,890	18,875
21/1/86 (AM)	34,167	77,250	15,700	16,250
21/1/86	34,388	76,651	15,611	18,125
21/1/86 (PM)	34,167	77,250	17,100	19,125
22/1/86	34,290	77,008	16,162	18,625
22/1/86	34,167	77,250	17,700	18,000
26/1/86	34,167	77,250	22,100	20,000
19/2/86	33,974	76,851	17,868	15,750
22/2/86	34,167	77,250	16,500	14,875

Berdasarkan data dari Tabel 1, diperoleh nilai tengah beda antara *in situ* dan satelit (bias) sebesar -0,110 °C dan simpangan baku bias sebesar 1,915 °C. Hubungan antara data satelit (Y) dengan data *in situ* (X) secara linier adalah $Y = 10,278 + 0,423 X$ dengan $r^2 = 0,277$.

Analisa statistik pada taraf nyata 0,05 menunjukkan bahwa tidak cukup bukti untuk menolak hipotesa bahwa bias = 0. Melalui uji khi kuadrat pada taraf nyata 0,05 juga tidak

dapat ditolak bahwa simpangan baku dari beda antara data satelit dan data *in situ* lebih besar dari 0,5 °C. Selain itu juga tidak dapat dibuktikan adanya korelasi antara data satelit dan data *in situ*.

Berbagai percobaan serupa yang dilakukan oleh McClain *et al.* (1985) menghasilkan bias 0,3-0,4 °C dan simpangan baku bias 0,5-0,6 °C. Sementara itu nilai korelasi antara data *in situ* dan data satelit berkisar antara 0,3 hingga 0,7. Nilai-nilai ini didasarkan pada jumlah pengamatan yang besar (lebih dari 200 pasang data). Berdasarkan hal ini McClain *et al.* (1985) menyimpulkan bahwa ketepatan pengukuran suhu permukaan laut dengan satelit haruslah berada pada tingkat di bawah 0,5 °C. Dan jika nilai ini dipakai sebagai patokan untuk mendeteksi adanya bias, maka secara statistik 9 pasang data yang digunakan pada percobaan ini tidaklah cukup.

Untuk dapat mendeteksi adanya suatu bias sebesar D , maka jumlah pengamatan minimal yang diperlukan adalah :

$$n = (Z_1 + Z_{II})^2 S^2 d/D^2 \text{ (Steel dan Torrie, 1980),}$$

- dimana Z_1 = nilai sebaran normal baku sedemikian sehingga peluang $Z > Z_1$ adalah sebesar salah jenis I.
 Z_{II} = nilai sebaran normal baku sedemikian sehingga peluang $Z > Z_{II}$ adalah sebesar salah jenis II
 Sd = simpangan baku populasi dari bias.
 D = bias populasi (besarnya bias yang ingin dideteksi).

Salah jenis I (taraf nyata) biasanya diambil sebesar 0,05 dan jika $S^2d = D^2 = (0,5)^2$, maka pada $n = 9$ akan didapatkan salah jenis II sebesar 0,1492 atau sekitar 15 %. Ini berarti jika kita menerima hipotesa bahwa bias = 0, kita masih menanggung peluang kesalahan sebesar 15 %. Jika kita tidak ingin menanggung kesalahan jenis II dan kita tetapkan hanya 5 % maka n minimal yang diperlukan untuk mampu mendeteksi adanya bias tersebut di atas adalah 13 pasang data. Nilai ini akan semakin besar jika simpangan baku contoh dari bias dalam percobaan ini dianggap sebagai simpangan baku populasi dari bias. Dari

pertimbangan statistika ini, tingkat ketepatan satelit dari percobaan ini mungkin tidak mencerminkan keadaan yang sebenarnya mengingat jumlah data yang tidak mencukupi syarat minimal untuk penarikan kesimpulan terhadap bias yang ditentukan.

Terlepas dari masalah statistika, sumber kesalahan yang mempengaruhi ketepatan satelit relatif terhadap *in situ* memang berasal dari berbagai faktor yang berbeda menurut waktu dan tempat. Sumber kesalahan ini dapat diakibatkan oleh adanya gradien vertikal suhu kolom air (pengaruh kulit permukaan laut dan termoklin harian), uap air dan aerosol, sifat radiasi thermal air laut, dan ketelitian pengukuran *in situ* itu sendiri. Oleh karenanya kalibrasi data satelit terhadap data *in situ* selalu harus dilakukan pada penelitian kelautan/perikanan yang menuntut ketelitian dan ketepatan pengukuran suhu yang tinggi.

Radiasi thermal yang dipancarkan oleh permukaan laut sebenarnya hanya mencerminkan suhu dari beberapa milimeter permukaan laut paling atas. Sementara itu pengukuran suhu permukaan laut secara *in situ* dilakukan pada lapisan air yang lebih dalam dan dalam oseanografi mewakili lapisan permukaan yang dianggap homogen. Hal ini saja secara teoritis akan selalu menimbulkan bias. Hilangnya panas permukaan laut paling atas akibat perbedaan suhu dengan atmosfer akan menyebabkan suatu gradien suhu secara vertikal yang sangat tajam pada beberapa milimeter lapisan air laut yang paling atas. Karena radiasi thermal berasal dari lapisan tipis (kulit) permukaan laut, suhu yang dideteksi oleh satelit biasanya lebih rendah dari suhu yang diukur secara *in situ*. Pengaruh kulit atas ini (skin effect) dikendalikan oleh kondisi setempat seperti tingkat hilangnya panas, kecepatan angin, kondisi gelombang/riak, dan penutupan uap air (awan tipis) yang sangat bervariasi menurut tempat dan waktu (Minnett *et al.* 1984).

Sumber kesalahan yang lain berasal dari adanya fenomena pemanasan permukaan air laut pada siang hari dalam kondisi angin lemah. Akibat pemanasan ini, maka terjadi gradien suhu vertikal permukaan air laut dan gradien ini mencapai nilai terbesar pada saat menjelang sore hari. Pada malam hari gradien ini melemah dan akhirnya hilang, karena hilangnya panas ke atmosfer dan terjadi percampuran air (mixing) di permukaan laut. Akibat adanya termoklin harian ini, interpretasi suhu dari citra satelit harus

memperhitungkan waktu pengukurannya. Oleh karena itu, pengaruh ini juga merupakan sumber kesalahan pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit.

Tidak semua penelitian kelautan/perikanan memerlukan tingkat ketepatan pengukuran suhu yang tinggi. Mengingat kebanyakan penelitian di bidang ini menggunakan skala pengukuran menengah maupun besar, baik secara spasial maupun temporal, ketepatan dan ketelitian pengukuran sering tidak menjadi masalah yang berarti. Dalam banyak hal penelitian di bidang kelautan/perikanan hanya memerlukan informasi sebaran suhu secara spasial dan bukan nilai suhunya itu sendiri. Penelitian-penelitian yang mencakup daerah yang luas, seperti observasi daerah pertemuan massa air yang berbeda, observasi adanya *upwelling*, observasi daerah agregasi ikan atau observasi pola sirkulasi air hanyalah memerlukan informasi gradien suhu horizontal. Oleh karenanya bias pengukuran suhu dengan satelit tidak perlu dikoreksi. Namun demikian jika suatu penelitian kelautan/perikanan memerlukan tingkat ketepatan pengukuran suhu yang tinggi, kalibrasi data satelit terhadap data *in situ* seharusnya dilakukan. Banyak ahli telah memanfaatkan data satelit suhu permukaan laut dan meyakini kehandalannya dalam membantu mendeteksi proses-proses kelautan dan perikanan. Di antara mereka adalah Dirks *et al.* (1988), Fiedler dan Bernard (1987), dan Herron *et al.* (1989).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini, kesimpulan mengenai ketepatan pengukuran suhu permukaan laut melalui NOAA-AVHRR tidak dapat ditarik secara meyakinkan, mengingat secara statistik jumlah data tidak cukup untuk dapat digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan mengenai hal itu.

Walaupun pengukuran suhu permukaan laut melalui satelit akan selalu berbias, banyak penelitian di bidang kelautan dan perikanan hanya memerlukan informasi gradien suhu secara horizontal dan bukan nilai suhunya itu sendiri. Pada penelitian seperti ini, ketepatan pengukuran suhu melalui satelit tidak akan menimbulkan masalah yang berarti.