

ANALISIS TEMPERATUR PERMUKAAN DI PULAU JAWA MENGUNAKAN DATA MODIS TERRA/AQUA

Indah Susanti

Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer- LAPAN

Jl. Dr. Djundjunan 133 Bandung 40173

email: indahpl@gmail.com

ABSTRACT

Temperature is one of the important environmental and climatic parameters to be analyzed. The parameters are the most frequently studied in the climate change problem. Limitations of observational data on the mainland, causing the satellite data became an important alternative in analyzing the spatial temperature is quite broad in scope. In this paper, we analyzed the changes and variations in surface temperature on the island of Java using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra and Aqua satellite data, during the period of 2000-2009 with a resolution of 0.05 degrees. One step in data processing is to convert HDF-format data into dat using application created with Visual Foxpro. In the process of calibration data were adjusted by using the offset and scale factor. Furthermore, the surface temperature data obtained daily average, monthly, and yearly. And then determined the trend of the changes by using linear regression and using the slope value to see the trend changes. The results show that the temperature during the last 10 years in Java continues to increase. Slope values obtained for the island of Java ranging from 0.003 to 0.024. The highest slope values occurred in East Java, which means the increase in surface temperature in East Java is relatively higher compared with other regions in Java.

Keywords: Temperature, climates, MODIS, and Java Island

ABSTRAK

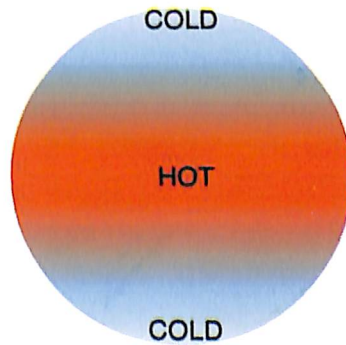
Temperatur merupakan salah satu parameter iklim dan lingkungan yang penting untuk dianalisis. Parameter tersebut merupakan parameter yang paling sering dikaji dalam masalah perubahan iklim. Keterbatasan mengenai data temperatur yang diukur secara in-situ, menyebabkan data satelit menjadi alternatif penting untuk menganalisis temperatur secara spasial dalam lingkup yang cukup luas. Dalam tulisan ini, dianalisis perubahan dan variasi temperatur permukaan di Pulau Jawa dengan menggunakan data satelit Terra dan Aqua sensor MODIS

(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) selama periode tahun 2000 – 2009 dengan resolusi 0,05 derajat. Pengolahan data yang dilakukan antara lain mengkonversi data berformat hdf menjadi data dengan menggunakan program aplikasi yang dibuat dengan visual foxpro. Di dalam proses kalibrasi data dilakukan penyesuaian dengan menggunakan data offset dan factor scale. Selanjutnya diperoleh data temperatur permukaan rata-rata harian, bulanan, dan tahunan yang kemudian ditentukan kecenderungan perubahannya dengan menggunakan regresi linear dan menggunakan nilai slope untuk melihat trend perubahannya. Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur selama 10 tahun terakhir di Pulau Jawa terus meningkat. Nilai slope yang diperoleh untuk Pulau Jawa bervariasi antara 0,003 – 0,024. Nilai slope tertinggi terjadi di Jawa Timur, yang berarti kenaikan temperatur permukaan di Jawa Timur relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lainnya di Pulau Jawa.

Kata kunci: temperatur, iklim, MODIS, dan Pulau Jawa.

1. PENDAHULUAN

Temperatur atau suhu menunjukkan derajat panas suatu benda. Semakin tinggi temperatur suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, temperatur menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Temperatur udara merupakan salah parameter iklim yang sering dikaitkan dengan perubahan iklim global dan temperatur permukaan merupakan indikator bagi keseimbangan energi di permukaan, karena hal tersebut merupakan salah satu parameter kunci bagi proses fisis lahan dan permukaan (Fung dan Ramaswamy 1999). Temperatur permukaan menggabungkan hasil dari interaksi atmosfer-permukaan dan fluks energi antara atmosfer dan tanah (Akhoondzadeh dan M.R. Saradjian 2008). Temperatur permukaan bumi tidaklah sama untuk semua tempat. Jika Bumi adalah sebuah badan yang homogen tanpa distribusi tanah/laut seperti sekarang, distribusi temperatur akan tergantung pada garis lintang (Lihat gambar 1). Namun, Bumi lebih kompleks dari komposisi sebuah mosaik tanah dan air. Hal ini menyebabkan mosaik latitudinal zonasi temperatur akan terganggu secara spasial (Pidwirny, M. 2006).



Gambar 1. Zonasi temperatur latitudinal yang sederhana
(sumber : Pidwirny, M. 2006)

Dua faktor berikut ini adalah hal penting yang mempengaruhi distribusi temperatur di permukaan bumi :

- Lintang lokasi menentukan berapa banyak radiasi matahari diterima. Lintang mempengaruhi sudut datang dan durasi panjang hari.
- sifat permukaan. Permukaan dengan albedo tinggi menyerap radiasi yang datang lebih sedikit. Secara umum, tanah menyerap radiasi lebih kecil dibandingkan air. Selain itu, panas spesifik (*Specific Heat*) turut menentukan penyerapan radiasi. Jika dua permukaan mempunyai albedo yang sama, panas spesifik permukaan yang menentukan jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk kenaikan suhu spesifik dalam per satuan massa (Fung dan Ramaswamy 1999). Panas spesifik air sekitar lima kali lebih besar dari batuan dan permukaan tanah (lihat Tabel 1 di bawah). Akibatnya, air memerlukan masukan lebih besar energi untuk menaikkan temperatur (Gettelman, dkk. 2001).

Tabel 1. *Specific Heat* beberapa zat

Zat	Specific Heat
Air	1.0
Udara	0.24
Granit	0.19
Pasir	0.19
Besi	0.11

Indonesia merupakan negara maritim dengan diferensiasi karakteristik daerah yang besar. Hal tersebut menyebabkan

besarnya variabilitas spasial temperatur permukaan di Indonesia. Pengukuran temperatur permukaan telah dilakukan sejak lama di berbagai daerah. Namun pengukuran tersebut tidak dilakukan secara merata di seluruh Indonesia. Salah satu penyebabnya adalah karena keterbatasan jangkauan, terutama terhadap daerah-daerah terpencil. Selain itu, hambatan-hambatan teknis yang menyangkut peralatan, sering menjadi penyebab diskontinuitas keberadaan data. Oleh sebab itu, perlu digunakan alternatif sumber data yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik temperatur permukaan di Indonesia. Dalam penelitian ini, difokuskan untuk mengkaji temperatur permukaan di Pulau Jawa dengan menggunakan data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) Terra/Aqua selama 10 tahun. Dengan menggunakan data satelit, diharapkan diperoleh gambaran mengenai temperatur permukaan di Pulau Jawa secara spasial dan menyeluruh.

2 DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian dari MODIS Atmospheric Profiles product Terra (MOD 07) dan Aqua (MYD 07) dengan perioda waktu Januari 2000 sampai Desember 2009. MOD 07 dan MYD 07 merupakan data MODIS level 2 dengan resolusi 5 x 5 km pada band 33-36. Pada dasarnya, MOD07 terdiri dari beberapa parameter, diantaranya *total-ozone burden*, stabilitas atmosfer, temperatur, profil kelembaban, dan uap air atmosfer. Daerah penelitian difokuskan di Pulau Jawa, dengan batas geografis 105° – 116° BT dan 5° -9° LS. Frekuensi data MODIS untuk wilayah Indonesia adalah sekitar 3-5 kali akuisisi dalam 1 hari. Selain itu digunakan data temperatur permukaan dari observasi insitu untuk memverifikasi data MODIS yang digunakan. Data observasi insitu yang digunakan adalah data temperatur rata-rata bulanan yang bersumber dari BMKG, dengan periode waktu yang sama.

Pengolahan data yang dilakukan antara lain :

- Menghitung temperatur permukaan setiap data MOD 07 dan MYD 07 dengan cara melakukan operasi perkalian *data fields* dari parameter *surface temperature* dengan bilangan *offset* dan *scale factor*.

- Menghitung temperatur rata-rata harian, bulanan, dan tahunan
- Menghitung anomali temperatur rata-rata tahunan untuk 10 tahun pengamatan.
- Menghitung *slope* (nilai m) dalam persamaan regresi $y ; mx) b$ untuk menentukan trend perubahan temperatur bulanan. *Slope* (m) ditentukan melalui persamaan :

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (1)$$

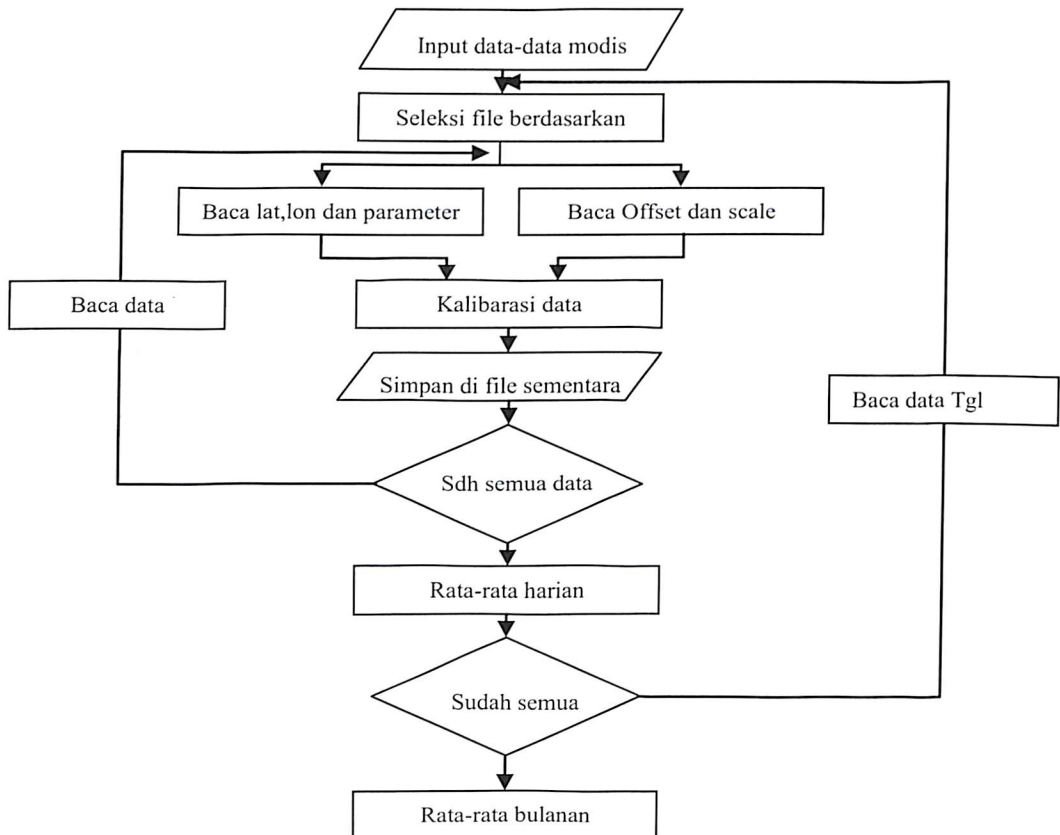
- Melakukan verifikasi data MODIS dengan menggunakan data observasi insitu. Dalam penelitian ini, verifikasi hanya dilakukan untuk daerah Cilacap.

Studi difokuskan di wilayah Jawa dan Bali seperti pada gambar 2.



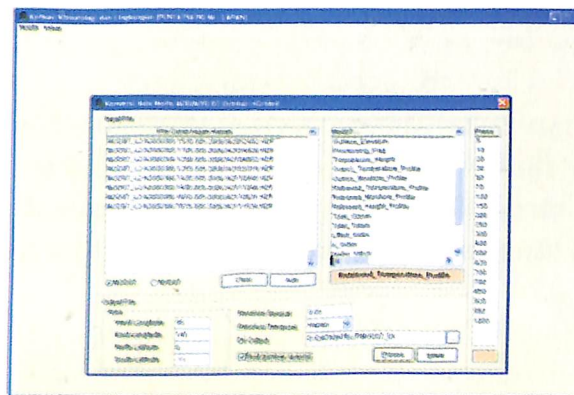
Gambar 2. Wilayah Studi

Pengolahan data MOD 07 dan MYD 07 dilakukan dengan menggunakan software Grads yang ditunjang dengan pengembangan program aplikasi menggunakan Microsoft Visual Foxpro, dengan diagram alir seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengolahan data MODIS

Sedangkan program aplikasi yang dikembangkan seperti terlihat pada gambar 4.



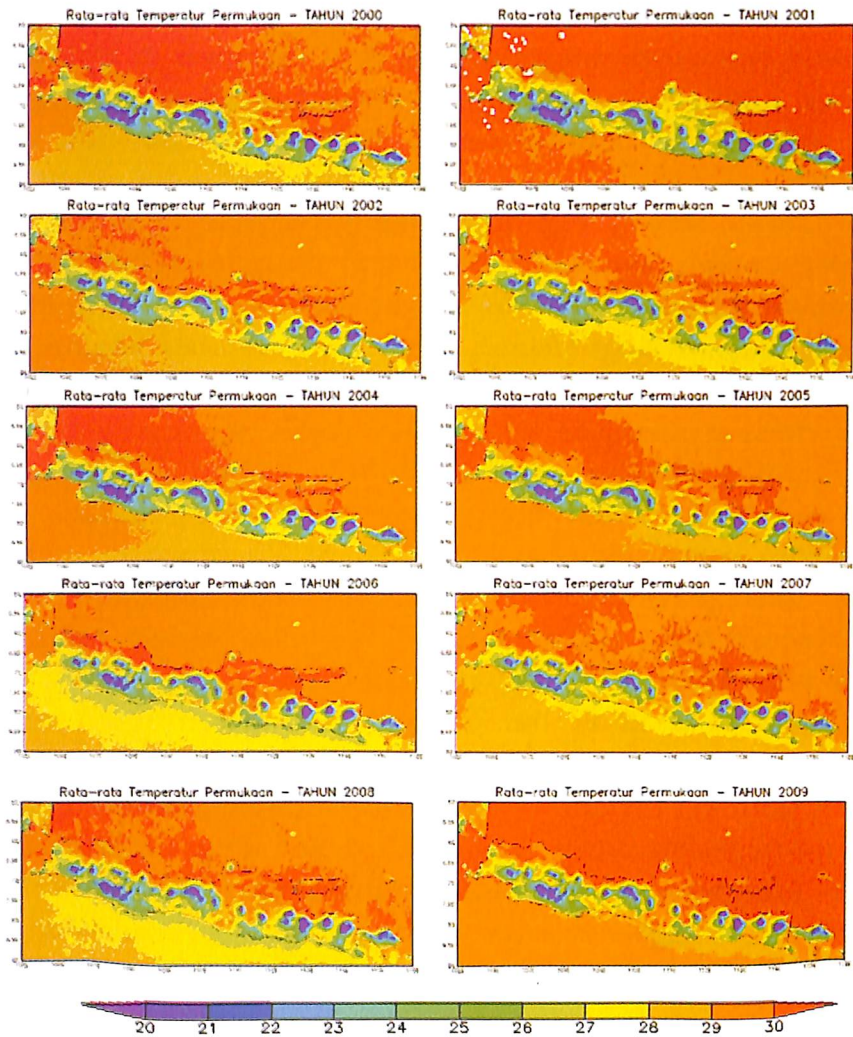
Gambar 4. Program aplikasi pengolahan data MODIS - MOD 07 dan MYD 07

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola spasial temperatur rata-rata tahunan di Pulau Jawa dari tahun 2000 sampai 2009, secara umum tidak menunjukkan banyak perubahan. Daerah-daerah di bagian tengah dan selatan Pulau Jawa cenderung memiliki suhu tahunan yang relatif sama. Daerah-daerah seperti Bandung bagian selatan, Cianjur bagian timur, perbatasan Garut dan Bandung, Banyumas bagian utara, Tegal bagian selatan, Pemalang bagian selatan, Magetan, Malang, Lumajang, Banyuwangi bagian utara, dan Jember bagian timur, adalah daerah-daerah dengan temperatur relatif lebih rendah, yang cenderung memiliki temperatur sama sepanjang 10 tahun terakhir, yaitu kurang dari 22 derajat Celsius. Daerah yang terlihat memiliki variasi temperatur lebih tinggi adalah Pulau Jawa bagian utara. Gambar 5 adalah peta temperatur rata-rata tahunan hasil pengolahan data MODIS. Pada gambar 5 tampak bahwa daerah yang paling banyak memiliki variasi temperatur tahunan adalah Jawa Timur bagian utara.

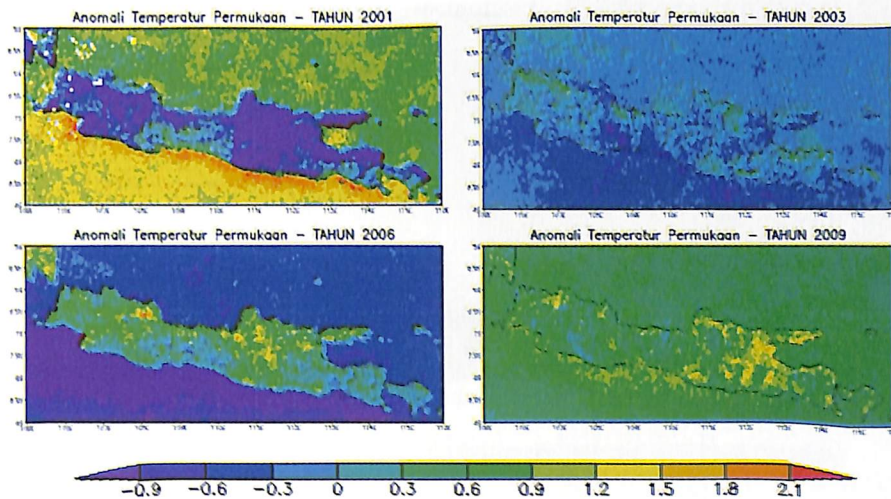
Terdapat 2 (dua) hal utama yang menentukan sebaran temperatur rata-rata tahunan di Pulau Jawa, yaitu faktor geografis dan ketinggian. Terlihat jelas pada gambar 5 bahwa bagian utara pulau Jawa yang lebih dekat ke garis khatulistiwa memiliki temperatur rata-rata tahunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah selatan, dan daerah-daerah yang tinggi memiliki temperatur rata-rata tahunan yang lebih rendah. Sebaran temperatur rata-rata tahunan berdasarkan lintang tersebut sesuai dengan zonasi temperatur latitudinal sederhana yang diungkapkan oleh Pidwirny (2006).

Pada tahun 2006 dan 2009, luasan daerah dengan temperatur tahunan tinggi (sekitar 30 derajat Celsius) hampir terjadi di seluruh Jawa bagian utara, dan luasan daerah dengan temperatur rendah (kurang dari 22 derajat Celsius) mengalami penyusutan. Apabila dibandingkan dengan tahun analisis lainnya, tahun 2009 merupakan tahun terpanas di Pulau Jawa. Sedangkan tahun yang relatif lebih dingin adalah tahun 2001. Dalam gambar 5 tampak bahwa pada tahun 2001, di bagian utara Pulau Jawa masih terdapat lokasi-lokasi yang memiliki temperatur tahunan antara 25 dan 26 derajat Celsius. Hal tersebut juga lebih terlihat di Madura. Untuk daerah Bali, tidak menunjukkan perubahan yang berarti.



Gambar 5. Rata-rata temperatur permukaan di Pulau Jawa (dalam derajat Celcius)

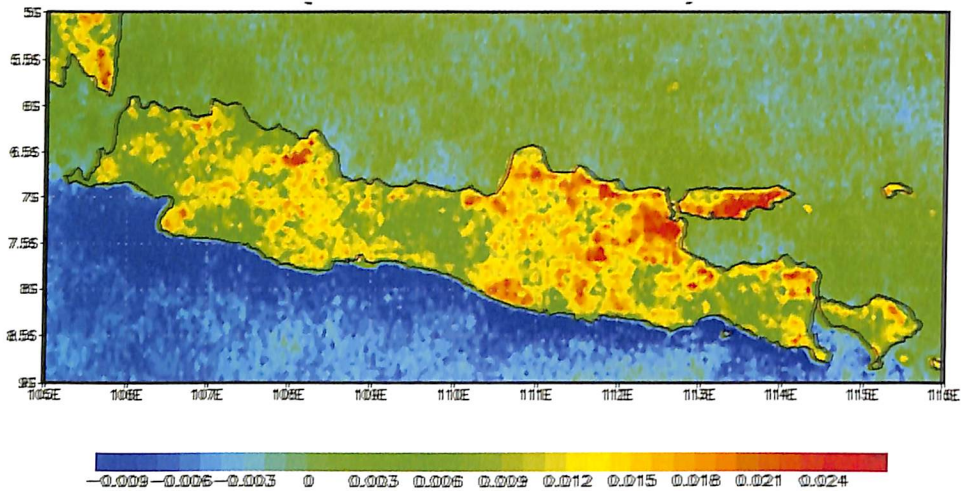
Tahun 2009 sebagai tahun terpanas di Pulau Jawa, juga diperlihatkan pada pola anomali. Beberapa daerah di Jawa Timur dan Jakarta, anomalnya lebih dari 1,2 derajat Celcius, dan hampir seluruh Pulau Jawa beranomali positif. Hanya beberapa titik dengan anomali negatif. Pada tahun 2006 masih terdapat daerah yang mengalami anomali negatif sampai -0.6 derajat Celcius. Gambar 6 merupakan gambar hasil olahan yang menunjukkan nilai anomali temperatur di Pulau Jawa selama 10 tahun.



Gambar 6. Anomali temperatur permukaan di Pulau Jawa (dalam derajat Celcius)

Apabila diamati secara keseluruhan, anomali positif yang terjadi pada tahun 2009 tidak hanya terjadi di atas daratan Pulau Jawa, melainkan di perairan di sekitar Pulau Jawa. Pada tahun 2006, anomali positif sama sekali tidak terjadi di perairan, meskipun di bagian utara Pulau Jawa terdapat daerah yang memiliki anomali lebih dari 2 derajat. Namun secara keseluruhan, anomali yang terjadi tidak sebesar pada tahun 2009.

Dari yang telah diuraikan di atas, tahun 2009 merupakan tahun terpanas sepanjang periode waktu yang dianalisis dalam penelitian ini. Sedangkan tahun yang relatif lebih dingin adalah tahun-tahun awal dalam periode yang dianalisis, yaitu tahun 2001. Hal ini berarti menunjukkan adanya kenaikan temperatur di Pulau Jawa secara keseluruhan. Apabila dihitung dan diamati kecenderungannya dalam rata-rata bulanan, memang telah terjadi kenaikan temperatur hampir di seluruh Pulau Jawa. Gambar 7 merupakan peta trend perubahan temperatur permukaan di Pulau Jawa berdasarkan data rata-rata bulanan dari Januari 2000 sampai Desember 2009. Nilai setiap piksel dalam gambar 7 merupakan nilai *slope* dalam persamaan regresi. Nilai *slope* positif menunjukkan trend kenaikan temperatur permukaan, dan sebaliknya nilai *slope* negatif menunjukkan trend penurunan temperatur permukaan.



Gambar 7. Trend perubahan temperatur permukaan di Pulau Jawa periode Januari 2000 sampai Desember 2009 berdasarkan data MODIS

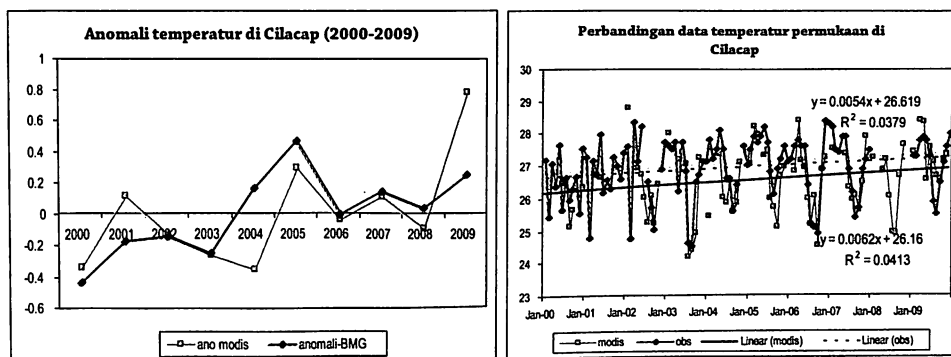
Dari gambar 7 dapat terlihat bahwa secara keseluruhan terjadi kenaikan temperatur di Pulau Jawa dengan nilai *slope* antara 0,0003 sampai kurang lebih 0,03. Kenaikan tertinggi cenderung terjadi di Jawa Timur. Luasan daerah dengan *slope* lebih dari 0,02, lebih besar terdapat di Jawa Timur, terutama di Surabaya dan sekitarnya. Selain itu, di Pulau Madura pun, lebih dari separuh daerahnya memiliki *slope* lebih dari 0,02.

Trend perubahan temperatur permukaan di Pulau Jawa tidak terjadi berdasarkan posisi geografis. Faktor yang memiliki peluang besar menjadi penyebab perbedaan trend tersebut adalah perubahan karakter daerah itu sendiri yang mempengaruhi karakter atmosfer di atasnya, termasuk temperatur. Faktor eksternal seperti perubahan intensitas radiasi matahari yang sampai di atmosfer bagian atas, tidak memberikan pengaruh signifikan pada pola distribusi perubahan temperatur permukaan. Dalam hal ini, urbanisasi sering menjadi faktor penyebab perubahan albedo permukaan yang mengakibatkan penyerapan radiasi matahari yang lebih tinggi, dan perubahan tutupan lahan seringkali berdampak pada perubahan neraca air dengan adanya perubahan tingkat evapotranspirasi yang pada akhirnya mempengaruhi temperatur permukaan. Selain itu, peningkatan polusi di level permukaan, dalam proses urbanisasi,

juga mempengaruhi perubahan temperatur permukaan. Beberapa partikel/aerosol yang menjadi polutan di perkotaan, pada umumnya memiliki karakter yang menyerap radiasi matahari. Dengan demikian, daerah-daerah dengan polutan yang tinggi, cenderung memiliki temperatur permukaan yang lebih tinggi pula.

Perbandingan data MODIS dan data observasi insitu

Dari pengolahan data MODIS telah ditunjukkan adanya kenaikan temperatur permukaan di Pulau Jawa. Data MODIS yang telah diolah, menunjukkan kesesuaian dengan data observasi insitu di Cilacap. Kesesuaian itu ditunjukkan dengan pola anomali temperatur tahunan dan trend perubahan temperatur rata-rata bulanan. Gambar 8 dibawah ini menunjukkan perbandingan data MODIS dan data observasi insitu untuk daerah Cilacap.



Gambar 8. Perbandingan data temperatur permukaan hasil olahan data MODIS dengan data observasi insitu

Dari gambar 8 terlihat bahwa kedua data menunjukkan adanya kenaikan temperatur permukaan di daerah Cilacap, dengan adanya sedikit perbedaan. Dengan menggunakan data MODIS, trend yang terjadi mengikuti persamaan $y=0,0062x + 26,16$. Sedangkan dengan menggunakan data observasi insitu, trendnya mengikuti persamaan $y=0,0054x+26,619$. Dengan demikian, data MODIS memiliki peluang besar untuk melihat kecenderungan perubahan temperatur permukaan di daerah lainnya.

4 KESIMPULAN

Dari olahan data MODIS terlihat adanya kenaikan temperatur permukaan di Pulau Jawa, dengan tahun 2009 sebagai tahun terpanas dalam periode waktu yang dianalisis, dimana bagian utara dari Pulau Jawa menunjukkan temperatur rata-rata tahunan sekitar 30 derajat Celcius. Trend kenaikan perubahan temperatur permukaan berdasarkan slope deret waktu dari nilai temperatur yang dihitung, untuk Pulau Jawa bervariasi antara 0,003 – 0,024, dan yang tertinggi terjadi di Jawa Timur, nilai slope deret waktu dari temperatur lebih dari 0,02, yang artinya mengalami kenaikan sebesar 0,02 derajat Celcius per bulan atau 0,24 derajat Celcius per tahun. Kesesuaian pola anomali rata-rata tahunan dan trend perubahan temperatur rata-rata bulanan di Cilacap, antara data MODIS hasil olahan dan data temperatur observasi insitu, memberikan peluang yang besar bagi penggunaan data MODIS untuk daerah lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Akhoondzadeh, M. and M.R. Saradjian, 2008. COMPARISON OF LAND SURFACE TEMPERATURE MAPPING USING MODIS AND ASTER IMAGES IN SEMI-ARID AREA, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing, hal 873 - 876.
- Fung, K.K., V. Ramaswamy, 1999. On shortwave radiation absorption in overcast atmospheres, Journal of Geophysical Research, Vol. 104, No.D18, pages 22,233-22,241, September 27, 1999.
- Gottelman, A., W.J. Randel, S. Massie, and F. Wu, 2001. El Niño as a Natural Experiment for Studying the Tropical Tropopause Region, American Meteorological Society.
- Pidwirny, M., 2006. "Global Surface Temperature Distribution". Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition. Date Viewed.
<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7m.htm>.