

ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN SUHU UDARA PERMUKAAN DI WILAYAH INDONESIA BERBASIS DATA SATELIT

Haries Satyawardhana

Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN

Email: haries_satha@yahoo.com, hariessatha@bdg.lapan.go.id

Abstract

This research was conducted to analyze changes in surface air temperature in Indonesia during the period October 2002 - February 2010 spatially and correlation analysis between satellite data and data station. Satellite data are used to obtain a spatial analysis, which can show changes in temperature in all parts of Indonesia. These changes, either increase or decrease in surface air temperature, spatially analyzed by calculating the slope from the year 2003 - 2009 by using monthly data from the data airs (Atmospheric Infrared Sounder). The result of the correlation coefficient between the data and the station airs in Blangbintang (Aceh), and Polonia, Belawan (Medan), Tabing (Padang), Tanjung Karang (Lampung), Supadio (Pontianak), Yogyakarta, Surabaya, Banyuwangi and Manado, respectively is 0:46 , 0.75, 0.74, 0.65, 0:57, 0:47, 0.66, 0:43, 0.84 and 0.64. Areas that have a similar pattern and the smallest difference in value between the data with the station airs, is an area of Banyuwangi. Indonesian surface air temperature ($5^{\circ} \text{N} - 11^{\circ} \text{S}$ and longitude $95^{\circ} - 141^{\circ} \text{E}$) are highest in January 2010 with a value of 28.7°C , while the lowest temperature was in August 2008 with a value of 25.85°C . In general, Indonesia has experienced a trend increase in temperature from January 2003 until February 2010 with the equation $y = 0.002048x + 24.487069$.

Keywords: surface air temperature, slope and satellite

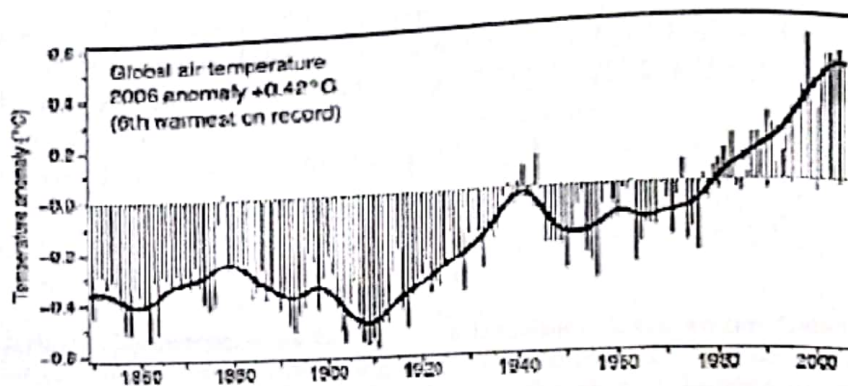
Abstrak

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis perubahan suhu udara permukaan di Indonesia pada periode Oktober 2002 - Februari 2010 secara spasial dan analisis korelasi antara data satelit dengan data stasiun. Penggunaan data satelit bertujuan untuk mendapatkan analisis secara spasial yang dapat memperlihatkan perubahan suhu di seluruh wilayah Indonesia. Perubahan baik kenaikan maupun penurunan suhu udara permukaan dianalisis secara spasial dengan menghitung slope mulai dari tahun 2003 - 2009 dengan menggunakan data bulanan dari data AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*). Hasil koefisien korelasi yang diperoleh antara data AIRS dan stasiun secara berurutan di daerah Blangbintang (Aceh), Belawan dan Polonia (Medan), Tabing (Padang), Tanjung Karang (Bandar Lampung), Supadio (Pontianak), Yogyakarta, Surabaya, Banyuwangi dan Manado adalah 0.46, 0.75, 0.74, 0.65, 0.57, 0.47, 0.66, 0.43, 0.84 dan 0.64. Daerah yang mempunyai kesamaan pola dan selisih nilai yang paling kecil antara data stasiun dengan AIRS adalah Banyuwangi. Suhu udara permukaan Indonesia ($5^{\circ} \text{LU} - 11^{\circ} \text{LS}$ dan $95^{\circ} \text{BT} - 141^{\circ} \text{BT}$) tertinggi terdapat pada Januari 2010 dengan nilai 28.07°C , sedangkan suhu terendah adalah Agustus 2008 dengan nilai 25.85°C . Secara umum, Indonesia mengalami kenaikan *trend* suhu dari Januari 2003 sampai dengan Februari 2010 dengan persamaan $y = 0.002048x + 24.487069$.

Kata kunci: Suhu udara permukaan, slope dan satelit

I. PENDAHULUAN

Pemanasan global merupakan isu yang berkembang di dunia pada saat ini. Laporan IPCC (2007) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 bahwa anomali suhu permukaan bumi secara global dari tahun ke tahun mengalami kenaikan sebesar 0.6°C dari rata-ratanya.



Gambar 1.1. Anomali temperatur permukaan bumi secara global menurut IPCC (2007)

Penelitian sebelumnya mengenai perubahan suhu permukaan di Indonesia juga sudah dilakukan seperti pada penelitian Hidayati (1990) yang menganalisis bahwa suhu di sebagian besar wilayah Indonesia terutama siang hari meningkat. Avia (2007) menyatakan bahwa kondisi temperatur udara tahunan Jakarta terlihat peningkatan yang sangat signifikan dengan adanya kecenderungan positif yang dinyatakan oleh persamaan regresi $y = 0.0147x - 1.8513$. Hal ini berarti bahwa dengan menggunakan regresi linier, di setiap bulannya akan terjadi kenaikan suhu sebesar 0.0147 kali dibandingkan sebelumnya. Penelitian lanjutan yang dilakukan oleh Avia (2009) menyatakan bahwa analisis suhu di lima kota besar di Indonesia mengalami kenaikan. Kenaikan suhu tersebut dijelaskan menggunakan persamaan regresi untuk suhu rata-rata bulanan di Jakarta, Surabaya, Semarang, Bandung dan Medan secara berurutan adalah $y = 0.0012x + 26,202$, $y = 0.0015x + 27,014$, $y = 0.001x + 27,179$, $y = 0.0019x + 22,575$ dan $y = 0.0011x + 26,305$. Hal ini menunjukkan bahwa di semua lokasi penelitian mempunyai hubungan yang positif terhadap fungsi t (waktu), sehingga dari semua persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa lima kota besar di Indonesia (Jakarta, Surabaya, Semarang, Bandung dan Medan) telah mengalami kenaikan suhu.

Penelitian yang dilakukan Sipayung (2007) menjelaskan bahwa terdapat dua hasil analisis yang berbeda untuk dua lokasi penelitian, yaitu Blangbintang (Aceh) dan Pontianak. Di Blangbintang terjadi kenaikan suhu baik dari data observasi stasiun maupun data model, sedangkan sebaliknya di Pontianak terjadi penurunan suhu.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan plot data tahunan suhu permukaan untuk stasiun yang berupa titik, sedangkan penelitian untuk menganalisis secara spasial kenaikan maupun penurunan suhu udara permukaan masih sedikit dilakukan, khususnya di Indonesia. Analisis secara spasial bisa dilakukan dengan menggunakan data suhu udara permukaan dari satelit. Satelit cuaca mempunyai misi dalam pemantauan lingkungan bumi secara global (Bagdja *et al.*, 2009). Satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah data dari satelit Aqua dengan sensor AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*) untuk melihat secara spasial sebaran suhu udara permukaan.

2. DATA DAN METODE

2.1. Data

Wilayah yang menjadi kajian penelitian ini adalah Indonesia untuk sebaran suhu, sedangkan korelasi dan data *time series* menggunakan data stasiun, antara lain:

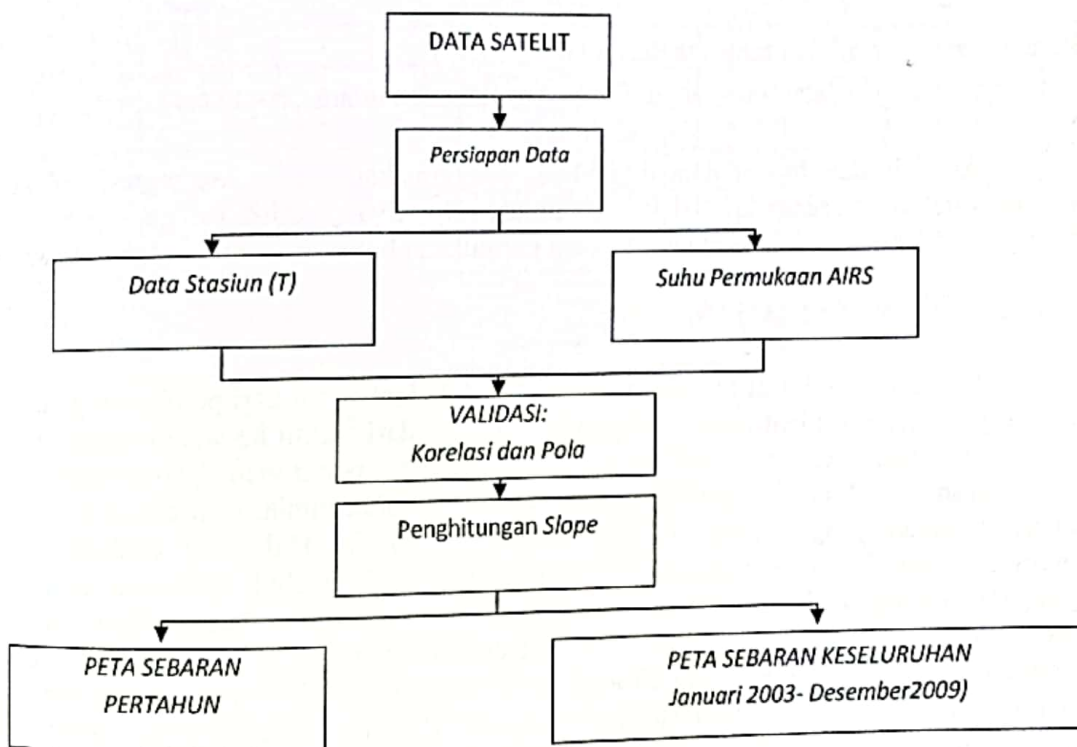
Blangbintang – Aceh, Belawan dan Polonia – Medan, Tabing – Padang, Tanjung Karang – Bandar Lampung, Supadio – Pontianak, Yogyakarta, Surabaya, Banyuwangi dan Manado.

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data suhu udara permukaan dari AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder*) dan data dari stasiun pengamatan. Data suhu bulanan dari satelit berbentuk data grid dengan periode Oktober 2002 - Februari 2010, namun untuk penggambaran pola spasial pertahun digunakan data tahun 2003 – 2009 saja. Hal ini disebabkan oleh kelengkapan data pada tahun 2002 dan 2010. Data AIRS mempunyai resolusi spasial $1^\circ \times 1^\circ$ dengan resolusi temporal bulanan (perbulan). Batas Wilayah Indonesia yang dipakai dalam penelitian ini adalah $5^\circ \text{ LU} - 11^\circ \text{ LS}$ dan $95^\circ \text{ BT} - 141^\circ \text{ BT}$.

Alat yang digunakan untuk mengolah data adalah software *ArcView* dan *Microsoft Excell* untuk pemrosesan data *time series* dan *layout* hasil dari data satelit untuk melihat sebaran slope suhu udara permukaan. Data stasiun digunakan sebagai korelasi untuk data satelit dan diolah secara manual untuk validasi baik pola maupun koefisien korelasinya.

2.2 Metode

Cara pengolahan data bentuk ASCII untuk pengolahan menggunakan *ArcView* adalah dengan tahapan persiapan, pemrosesan, analisis data dan *layout* untuk hasil spasialisasi dari data satelit.



Gambar 2.1. Alur kerja penelitian

Persiapan data mulai dari perubahan bentuk data satelit ke ASCII, pemotongan *header* data, konversi ke **.shp* hingga persiapan data stasiun yang akan dibuat grafik temporalnya. Pemrosesan data, meliputi pengkorelasi antara data satelit dengan data stasiun. Namun tidak semua titik di Indonesia dilakukan korelasi, hanya di beberapa titik stasiun. Namun tidak semua titik di Indonesia dilakukan korelasi, hanya di beberapa titik stasiun, yaitu beberapa stasiun di Indonesia (Blangbintang – Aceh, Belawan dan Polonia – Medan, Tabing – Padang, Tanjung Karang – Bandar Lampung, Supadio – Pontianak, Yogyakarta,

Surabaya, Banyuwangi dan Manado), yang sebelumnya ditentukan terlebih dahulu titik yang sama dengan titik stasiun, sehingga hasilnya akan dapat merepresentasikan kondisi titik tersebut.

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \dots\dots\dots (2.1)$$

dan koefisien korelasinya menggunakan:

$$Korelasi(r) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

keterangan: \bar{x} adalah rata-rata dari data stasiun
 \bar{y} adalah rata-rata dari data AIRS

Penentuan slope juga menggunakan persamaan regresi linier sederhana, hanya saja variabel yang dipakai berbeda. Persamaan untuk mencari nilai slope adalah sebagai berikut:

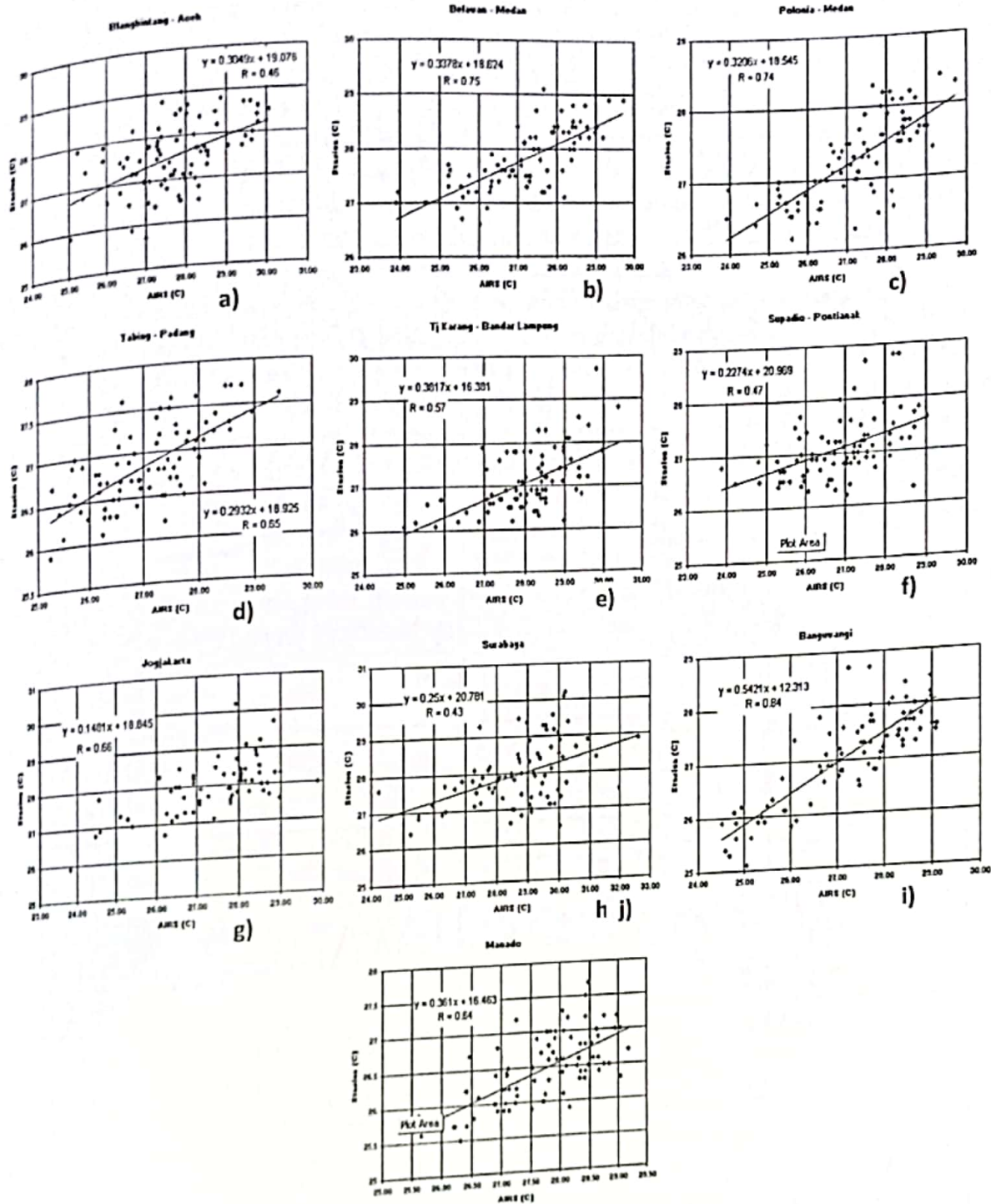
$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

keterangan: \bar{x} adalah rata-rata dari nilai x (waktu)
 \bar{y} adalah rata-rata dari nilai y (nilai suhu udara permukaan)

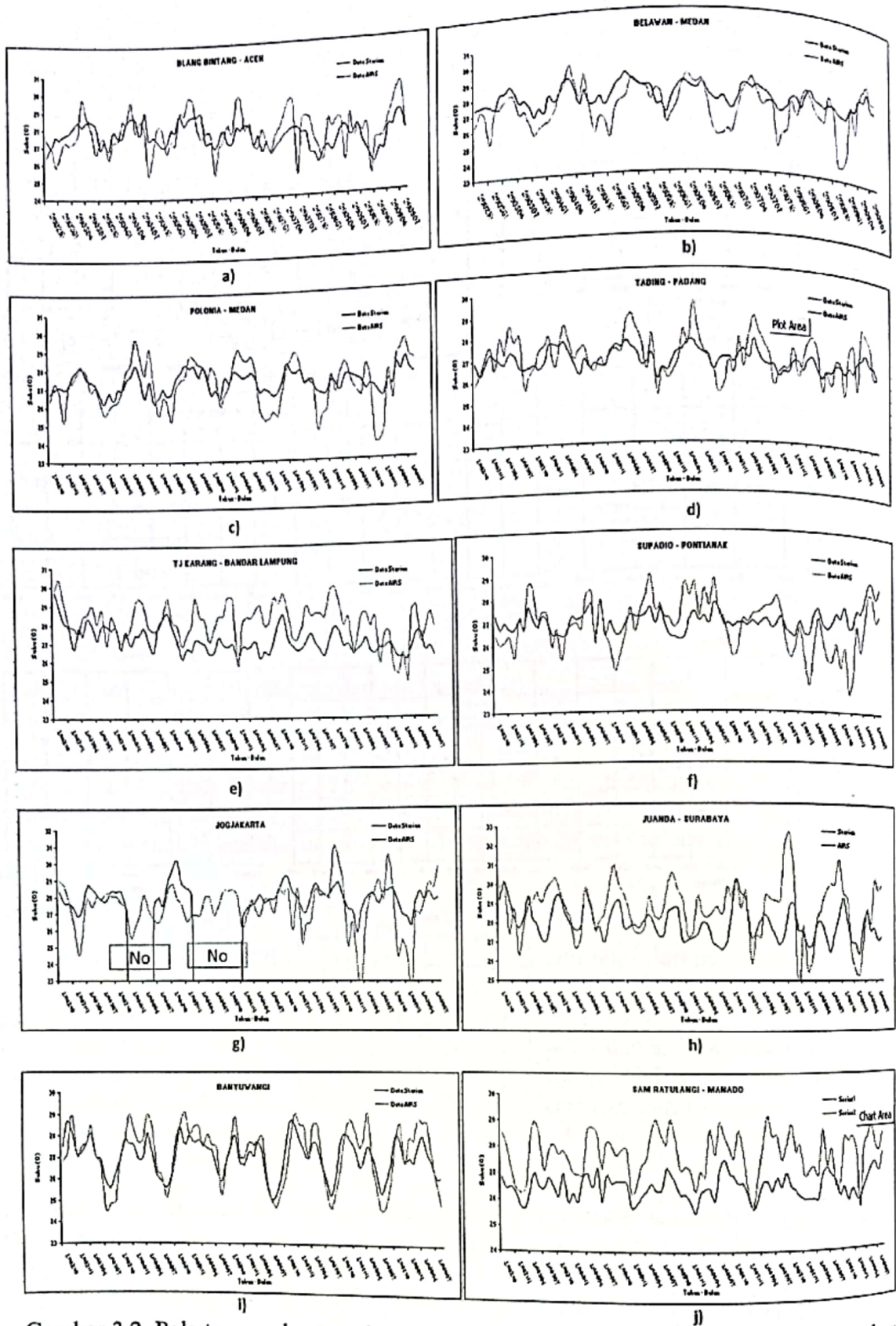
Analisis dan *layout* data dilakukan menggunakan persamaan regresi sederhana, namun dilakukan secara spasial khusus untuk *slope*-nya (kemiringan garis persamaan). Plot yang dilakukan adalah data suhu udara permukaan bulanan selama waktu tertentu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan iklim di Indonesia selain dapat diidentifikasi dari perubahan pola curah hujan, juga dapat diidentifikasi dari perubahan suhu dari waktu ke waktu sehingga dapat dianalisis apakah terjadi kenaikan (pemanasan) atau penurunan (pendinginan) suhu. Pemanasan global sudah dapat dirasakan oleh masyarakat dunia, baik secara pemanasan alami maupun yang disebabkan oleh aktifitas manusia. Hal yang dilakukan untuk memonitor perubahan (pemanasan maupun pendinginan) tersebut, salah satu unsur iklim yang dapat dikaji adalah suhu udara permukaan. Suhu udara permukaan didapat dari Satelit Aqua dengan menggunakan Sensor AIRS. Data satelit ini terlebih dahulu dikorelasikan dengan data stasiun seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.1. Gambar 3.1 menunjukkan bahwa antara data AIRS dan stasiun mempunyai tingkat korelasi yang berbeda-beda, dengan rentang nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0.43 – 0.84. Hal ini disebabkan oleh banyak dan menyebarnya titik-titik korelasi menjauh dari *slope*. Trend (garis persamaan) pada Gambar 3.1 menjelaskan bahwa dengan adanya kenaikan suhu pada data stasiun maka data suhu udara permukaan dari satelit akan mengalami kenaikan, begitu juga sebaliknya. Daerah yang mempunyai nilai r mendekati 1 dapat dijelaskan bahwa di daerah tersebut untuk data suhu udara permukaan AIRS bisa mewakili data stasiun, begitu pula sebaliknya.



Gambar 3.1. Korelasi antara data suhu bulanan dari data AIRS dan data stasiun antara lain: a) Blangbintang – Aceh, b) Belawan – Medan, c) Polonia – Medan, d) Tabing – Padang, e) Tanjung Karang – Bandar Lampung, f) Supadio – Pontianak, g) Yogyakarta, h) Surabaya, i) Banyuwangi dan j) Manado.

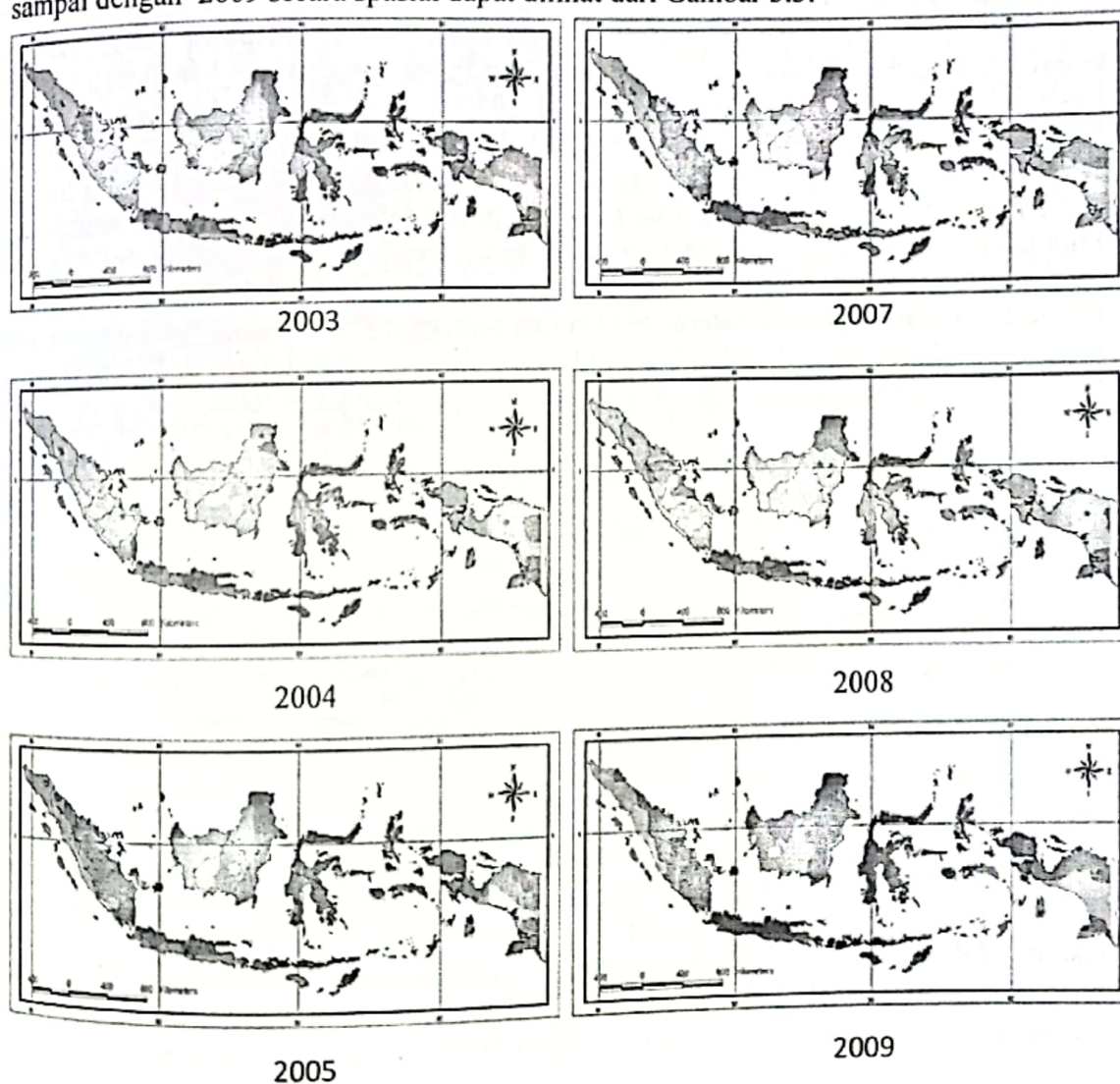


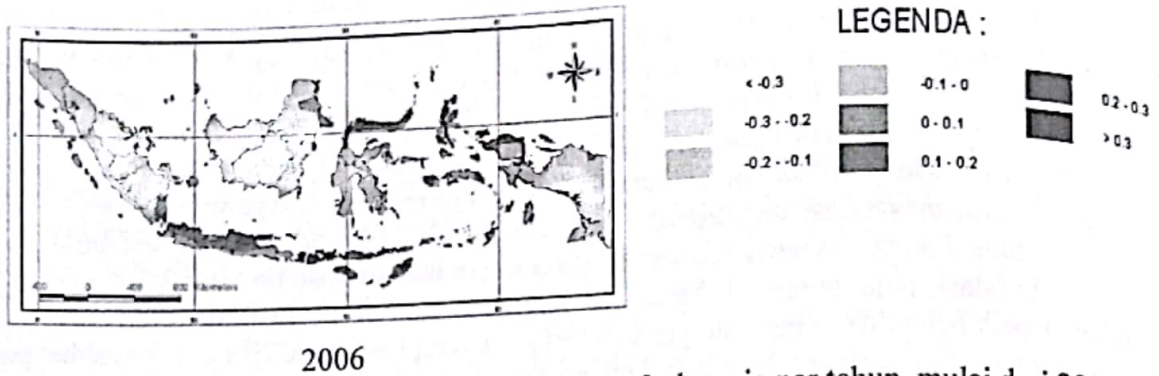
Gambar 3.2. Pola temporal antara data suhu bulanan dari AIRS dan data stasiun dari tahun Oktober 2002 – Agustus 2009, di daerah: a) Blangbintang – Aceh, b) Belawan – Medan, c) Polonia – Medan, d) Tabing – Padang, e) Tanjung Karang – Bandar Lampung, f) Supadio – Pontianak, g) Yogyakarta, h) Surabaya, i) Banyuwangi dan j) Manado.

Nilai koefisien korelasi antara data suhu udara stasiun dan AIRS berbeda-beda, untuk di beberapa daerah mempunyai nilai $r < 0.5$ seperti di Blangbintang, pontianak dan Surabaya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa data AIRS kurang mewakili data dari stasiun. Hal sebaliknya ditemukan hubungan yang kuat di antara kedua data, seperti di Belawan dan Polonia – Medan, Padang, Tanjung Karang, Yogyakarta, Banyuwangi dan Manado. Selain dilakukan validasi dari koefisien korelasinya, dilakukan juga validasi pola yang sesuai dengan fungsi waktunya (t), seperti yang digambarkan pada Gambar 3.2.

Validasi pola temporal harus dilakukan karena hasil koefisien korelasi yang nilainya baik belum tentu mempunyai validasi pola yang baik pula. Jadi untuk melihat pola dan variasi yang sama maka dilakukan plot antara data stasiun dan data satelit yang waktunya sama. Pola dan variasi antara data stasiun dan data AIRS menunjukkan bahwa sebagian daerah mempunya pola yang sama di antara dua data tersebut, namun sebagian memiliki pola yang berbeda. Terdapat daerah yang memiliki kesamaan pola namun nilai antar 2 data berselisih jauh, walaupun ada juga daerah yang memiliki selisih di antara dua data baik observasi maupun data AIRS kecil. Daerah-daerah yang memiliki pola sama antara lain Medan, Bandar Lampung, Banyuwangi dan Manado. Daerah yang mempunyai kesamaan pola dan selisih nilai yang paling kecil adalah Banyuwangi, sehingga nilai koefisien korelasi yang didapatkan termasuk yang paling besar ($r = 0.84$).

Pola sebaran *slope* suhu permukaan Indonesia per tahun, mulai dari tahun 2003 sampai dengan 2009 secara spasial dapat dilihat dari Gambar 3.3.

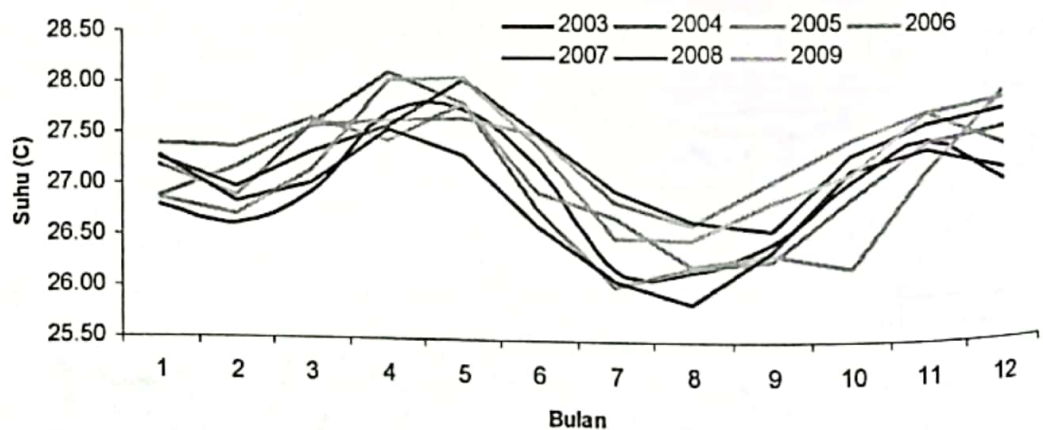




2006

Gambar 3.3. Pola sebaran *slope* suhu permukaan Indonesia per tahun, mulai dari 2003 – 2009.

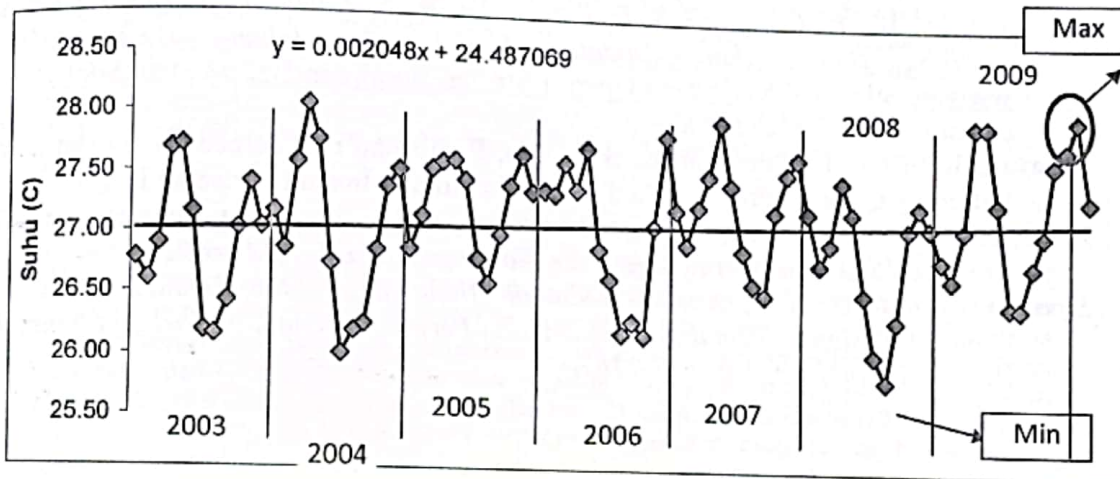
Pada Gambar 3.3 terlihat bahwa pada tahun 2003 selama periode Januari – Desember terdapat *slope* $-0.1 - 0$ (kelas 4) mendominasi pulau Sumatera, yang menjelaskan bahwa di pulau Sumatera terjadi penurunan suhu sebesar 0.1 kali sampai tidak ada perubahan suhu (garis persamaan sejajar sumbu x). Suhu udara permukaan di Sumatera menurun pada tahun 2004, 2006 dan 2008. Hal ini dijelaskan oleh didominasinya daerah-daerah di Sumatera dengan *slope* kurang dari -0.1 (≤ -0.1). Kenaikan suhu di Sumatera terjadi pada tahun 2005, 2007 dan 2009, khususnya untuk daerah-daerah di Sumatera bagian selatan. Kenaikan temperatur juga terjadi di pulau Jawa, walaupun tidak semua daerah di pulau Jawa mengalami kenaikan. Daerah di Pulau Jawa yang mengalami kenaikan dari tahun ke tahun adalah bagian timur Pulau Jawa, namun kenaikan yang paling besar adalah pada tahun 2009. Pada tahun 2009, bagian timur Pulau Jawa mengalami kenaikan temperatur hampir mencapai 0.3 kali dari sebelumnya. Hal ini juga terjadi di sebagian Pulau Sulawesi, dimana terjadi kenaikan suhu di bagian tengah Pulau Sulawesi. Pada tahun 2006 terjadi penurunan suhu hampir di seluruh Wilayah Indonesia, kecuali Pulau Jawa, Bali dan kepulauan timor. Di daerah tersebut tidak terjadi penurunan suhu (normal). Penurunan suhu paling signifikan terjadi sebesar 0.3 kali terdapat di daerah Papua Barat dan daerah Sumatera (Medan dan sekitarnya). Penurunan suhu banyak terjadi pada tahun 2004, 2006 dan 2008. Di Indonesia *slope* terbesar terjadi di Pulau Jawa pada tahun 2009, menandakan terdapat kenaikan yang signifikan pada 2009.



Gambar 3.4. Grafik suhu permukaan bulanan dari data AIRS untuk Wilayah Indonesia (5° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT) pertahun mulai 2003 – 2009.

Gambar 3.4 menunjukkan bahwa di Indonesia pada umumnya suhu terpanas terjadi pada bulan April dan Mei, sedangkan pada bulan Agustus sampai dengan September merupakan suhu udara terdingin. Hal ini dipengaruhi letak Indonesia yang berada di garis equator namun lebih condong ke selatan (5° LU - 0° dan 0° - 11° LS). Sehingga terlihat bahwa pergerakan semu matahari mempengaruhi suhu udara di Indonesia. Pada bulan JJA (Juni, Juli dan Agustus), matahari tepat berada di $23,5^{\circ}$ LU dan bergerak ke arah equator pada bulan selanjutnya. Hal ini menyebabkan suhu di sebagian besar wilayah Indonesia menjadi dingin. Begitu pula sebaliknya, pada bulan DJF (Desember, Januari dan Februari), matahari tepat berada di $23,5^{\circ}$ LS dan bergerak ke arah equator pada bulan selanjutnya, yang menyebabkan suhu di sebagian besar Wilayah Indonesia menjadi panas.

Variasi bulanan di Indonesia secara global melalui data satelit Aqua yaitu rata-rata bulanan setiap grid, dapat dilihat pada Gambar 3.5. Gambar 3.5 menunjukkan bahwa secara global, Indonesia mengalami kenaikan sebesar 0.002048 kali setiap bulannya bila menggunakan persamaan *trend* pada gambar tersebut. Suhu sangat bervariasi setiap bulannya terjadi karena adanya pergerakan aktivitas matahari dan faktor-faktor lainnya.



Gambar 3.5. Variasi suhu permukaan Indonesia (5° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT) bulanan dari Bulan Januari 2003 – Februari 2010

Suhu udara permukaan yang tertinggi terdapat pada Januari 2010 yang pada bulan tersebut merupakan musim hujan dengan nilai 28.07°C , sedangkan suhu terendah pada Agustus 2008 yang merupakan musim peralihan dari musim kemarau dengan nilai 25.85°C . Secara umum, Indonesia mengalami kenaikan *trend* suhu dari Januari 2003 sampai dengan Februari 2010.

4. KESIMPULAN

Data AIRS dan stasiun mempunyai tingkat korelasi yang berbeda-beda, dengan nilai rentang koefisien korelasi (r) sebesar 0.43 – 0.84, daerah yang memiliki hubungan yang kuat di antara kedua data adalah daerah Belawan dan Polonia – Medan, Padang, Tanjung Karang, Yogyakarta, Banyuwangi dan Manado. Hasil koefisien korelasi yang diperoleh antara data AIRS dan stasiun secara berurutan di daerah Blangbintang (Aceh), Belawan dan Polonia (Medan), Tabing (Padang), Tanjung Karang (Bandar Lampung), Supadio (Pontianak), Yogyakarta, Surabaya, Banyuwangi dan Manado adalah 0.46, 0.75,

0.74, 0.65, 0.57, 0.47, 0.66, 0.43, 0.84 dan 0.64. Daerah yang mempunyai kesamaan pola dan selisih nilai yang paling kecil antara data stasiun dengan AIRS adalah Banyuwangi. Suhu udara permukaan Indonesia (5° LU - 11° LS dan 95° BT - 141° BT) tertinggi terdapat pada Januari 2010 dengan nilai 28.07°C , sedangkan suhu terendah adalah Agustus 2008 dengan nilai 25.85°C . Secara umum, Indonesia mengalami kenaikan *trend* suhu dari Januari 2003 sampai dengan Februari 2010 dengan persamaan $y = 0.002048x + 24.487069$.

DAFTAR RUJUKAN

- Avia, Lely Q., 2007, *Kondisi Iklim Jakarta pada Masa Lalu dan Masa Kini*, Prosiding Seminar Nasional: Pemanasan Global dan Perubahan Global - Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi, Bandung, hal: 97 – 102.
- Avia, Lely Q., 2009, *Air Temperature Changes in The Big Cities Of Indonesia. Proceedings of Workshop on Ground - Based Atmosphere Observation Network in Equatorial Asia*, Bandung, page: 202 – 211.
- Bagdja, Islam W., H. Gunawan, S. Budhiman dan W. N. Komariah, *Kerjasama Operasi Stasiun Bumi dan Update Modul Pengolahan Data MODIS*. [www.google.co.id/Kerjasama Operasi Stasiun Bumi dan Update Data MODIS.pdf](http://www.google.co.id/Kerjasama%20Operasi%20Stasiun%20Bumi%20dan%20Update%20Data%20MODIS.pdf), diakses tanggal 21 Juli 2009.
- Hidayati, R., 1990, *Kajian Iklim Kota Jakarta, Perubahan dan Perbedaan dengan daerah Sekitarnya*, Thesis Program Studi Agroklimatologi. Institut Pertanian Bogor.
- IPCC, 2007, *Climate Change : Impact, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policy Makers, 4th Assessment Report of the Working Group II*, 13 April 2007.
- Sipayung, Sinta B., 2007, *Analisis Suhu di Blangbintang dan Pontianak*, Prosiding Seminar Nasional: Pemanasan Global dan Perubahan Global - Fakta, Mitigasi, dan Adaptasi, Bandung, hal: 156 – 162.