

PENGAMATAN ANOMALI TEMPERATUR DAN AWAN GEMPA YANG MENGINGIRI GEMPA ACEH 2004 DAN GEMPA SUMATERA BARAT 2007

Muchtia Rahma, Marzuki

Jurusan Fisika Universitas Andalas

E-mail: marzuki@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Anomali temperatur dan awan gempa yang mengiringi gempa bumi yang terjadi di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 dan di Sumatera Barat pada tanggal 6 Maret 2007 telah diteliti menggunakan data temperatur tanah dan permukaan air laut dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) dan data awan dari *Multi-functional Transport Satellite* (MTSAT). Data temperatur udara dari *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) dan *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) juga digunakan untuk memastikan bahwa anomali temperatur tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas cuaca. Anomali temperatur diamati selama 5 tahun sebelum terjadinya gempa dan awan gempa diamati menggunakan data selama 3 bulan sebelum gempa. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kenaikan temperatur permukaan air laut dan tanah baik untuk gempa Aceh maupun gempa Sumatera Barat terjadi setelah gempa. Nilai anomali temperatur pada gempa Aceh masih lebih rendah dari batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (< 2 K). Untuk gempa Sumatera Barat, nilai anomali temperatur berada dalam batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (> 2 K), tetapi anomali temperatur tersebut terjadi hampir setiap tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa anomali temperatur yang terjadi bukan disebabkan oleh aktivitas seismik, melainkan sebuah siklus tahunan. Untuk kasus awan gempa, pada kedua gempa tidak ditemukan adanya kemunculan awan gempa sebelum gempa terjadi. Namun, pada gempa Aceh terlihat pola awan yang agak mirip dengan awan gempa, tetapi setelah diamati lebih detil awan ini merupakan sisa dari awan konvektif yang terjadi sebelumnya.

Kata kunci : anomali temperatur, awan gempa, gempa Aceh 2004, gempa Sumatera Barat 2007

ABSTRACT

Temperature anomaly and earthquake cloud associated with the Aceh earthquake occurred on December 26, 2004 and the West Sumatra earthquake occurred on March 6, 2007 had been studied by using the land and the sea surface temperature data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite and cloud propagation data from Multi-functional Transport Satellite (MTSAT). The atmosphere temperature from National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and National Center for Atmospheric Research (NCAR) reanalysis data were also used to confirm that temperature anomaly was not caused by a weather activity. The data during 5 years and 3 months, for temperature and cloud respectively, before the earthquake were analyzed. The results showed that the increases of land and sea surface temperatures for the two earthquakes occurred after the earthquake. The value of temperature anomaly for Aceh earthquake were still lower than the limit value for the earthquake precursor (< 2 K). For the West Sumatra earthquake, the value of temperature anomaly was in the limit value for the earthquake precursor (> 2 K). However, this characteristic was also observed in other periods not only during the year of the earthquake. It indicated that such temperature anomaly was not due to the seismic activity. The results also showed that the earthquake cloud was not observed before the two earthquakes. Before the Aceh earthquake, an earthquake cloud-like was observed. However, more detailed investigation on this cloud showed that this cloud was a residual of convective cloud that occurred before.

Keywords: temperature anomaly, earthquake cloud, Aceh earthquake 2004, West Sumatra earthquake 2007

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan suatu peristiwa alam dimana terjadi getaran pada permukaan bumi akibat adanya pelepasan energi secara tiba-tiba dari pusat gempa. Jika terjadi pada daerah dimana terdapat banyak pemukiman penduduk, gempa bumi dapat menyebabkan dampak yang cukup besar, seperti banyaknya korban jiwa, kerugian ekonomi, dan lain sebagainya. Besarnya

dampak yang ditimbulkan disebabkan oleh banyak faktor seperti kurangnya pengetahuan masyarakat tentang bencana yang berdampak pada kurangnya kesiapan mereka dalam mengantisipasi bencana tersebut (Pribadi dan Yuliawati, 2008), kurang baiknya struktur bangunan dan faktor lainnya. Salah satu upaya untuk meminimalisir dampak-dampak dari gempa bumi adalah memprediksi kapan terjadinya gempa dengan beberapa prekursor.

Ada prekursor gempa yang sudah lama menjadi bahan penelitian yaitu anomali awan atau yang lebih dikenal dengan awan gempa yang dihubungkan dengan anomali temperatur (Guo dan Wang, 2008). Anomali temperatur ditandai dengan peningkatan temperatur permukaan tanah atau laut di atas rata-rata pada beberapa hari sebelum terjadinya gempa. Tekanan batuan dianggap sebagai pemicu peningkatan temperatur ini. Adanya pemancaran gelombang infra merah sebagai akibat terjadinya pengumpulan tekanan dianggap dapat meningkatkan aktivitas termal (Ouzonov dan Freund, 2004). Selain itu, penambahan tekanan pada batuan mengakibatkan terciptanya pori-pori berukuran mikro pada kerak bumi. Hal ini diyakini dapat memungkinkan gas untuk melakukan perjalanan hingga ke dekat permukaan dan menjadi penyebab terjadinya kenaikan temperatur (Saraf, dkk., 2009). Sejak teramati di atas patahan aktif sebelum gempa di Asia Tengah pada tahun 1980-an, banyak ilmuwan telah mempelajari anomali temperatur menggunakan data satelit untuk gempa di Jepang dan China (Tronin, dkk., 2002), Aljazair (Saraf dan Choudhury, 2004), dan India (Saraf dan Choudhury, 2005). Anomali temperatur terlihat 7-14 hari sebelum terjadinya gempa dan mempengaruhi ribuan hingga puluh-ribuan kilometer dari pusat gempa. Anomali ini memperlihatkan adanya deviasi positif (peningkatan) sebesar 2-4 K atau lebih dan mulai menghilang beberapa hari setelah terjadinya gempa (Guo, 2008).

Kemunculan awan gempa berhubungan dengan kenaikan temperatur yang disebabkan oleh fenomena-fenomena yang telah dijelaskan sebelumnya. Awan gempa adalah awan lurus yang abnormal di atas patahan aktif. Morozova (1997) dalam Guo (2008) mengamati sebuah jejak lurus yang berada di dalam awan yang tebal dan besar. Dia mengemukakan bahwa gas yang diemisikan dari bumi bergegas menuju langit, mengikis awan, dan terbentuklah jejak lurus. Peristiwa ini disebut sebagai *earth degassing* dan merupakan akibat dari aktivitas pasangan (*coupling*) antara atmosfer dan litosfer. Karena sumber panas yang tetap, maka awan gempa yang terbentukpun akan tetap dan tidak akan berpindah oleh angin.

Meningkatnya penelitian mengenai anomali temperatur dan awan gempa, meningkatkan pula perdebatan tentang fenomena ini. Hal ini disebabkan adanya perbedaan hasil diantara peneliti. Sebagaimana telah disebutkan di atas, sebagian peneliti (Coolbaugh, dkk., 2007; Okyay, 2012) telah mengamati anomali ini pada beberapa kasus gempa, tetapi sebagian peneliti lain tidak menemukannya. Misalnya, Sulçe (2013) mengatakan bahwa ia tidak menemukan anomali temperatur sebelum gempa bumi, sebaliknya ia menemukan anomali temperatur sekitar 2 hari setelah gempa bumi. Dengan dilatarbelakangi oleh perbedaan hasil-hasil penelitian di atas, kami termotivasi untuk mengamati awan gempa dan anomali temperatur yang mengiringi gempa bumi di Indonesia studi kasus gempa Aceh 2004 dan gempa Sumatera Barat 2007. Gempa Aceh merupakan gempa laut yang terjadi pada tanggal 26 Desember 2004 dengan episentrum gempa pada $3,316^{\circ}\text{LU};95,854^{\circ}\text{BT}$, sedangkan gempa Sumatera Barat merupakan gempa darat yang terjadi pada tanggal 6 Maret 2007 dengan episentrum gempa pada $0,512^{\circ}\text{LS};100,524^{\circ}\text{BT}$.

II. METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data temperatur permukaan tanah dan laut dari satelit MODIS dengan seri MOD11C1 yang mempunyai resolusi waktu 1 hari dan resolusi spasial $0,1^{\circ}$. Data MODIS terbagi atas data temperatur permukaan tanah dan laut dimana data temperatur permukaan tanah dibedakan antara siang dan malam, sedangkan data temperatur permukaan laut tidak. Selain itu, diambil juga data temperatur udara dari NCEP/NCAR dengan resolusi waktu 1 hari dan resolusi spasial $2,5^{\circ}$. Data diambil selama 5 tahun untuk mengetahui apakah anomali temperatur terjadi akibat gempa bumi atau aktivitas cuaca dan mengamati aktivitas cuaca yang mungkin mempengaruhi temperatur tanah dan

atmosfir. Periode data yang digunakan adalah November-Desember 2000-2004 untuk gempa Aceh dan Februari-Maret 2003-2007 untuk gempa Sumatera Barat. Data awan diperoleh dari satelit MTSAT pada bulan Oktober-Desember 2004 untuk gempa Aceh dan Desember 2006-Maret 2007 untuk gempa Sumatera Barat dengan resolusi waktu 1 jam dan resolusi spasial $0,05^\circ$. Data diambil dalam rentang waktu tersebut karena indikasi kemunculan awan gempa adalah sekitar 3 bulan sebelum gempa terjadi (Guo dan Wang, 2008).

Dalam penelitian ini pengolahan data menggunakan *software* MATLAB. Untuk mengamati temperatur sebagai prekursor gempa, anomali temperatur untuk setiap gempa yang diteliti dihitung. Anomali temperatur dihitung dari selisih antara nilai temperatur sesaat dengan temperatur rata-rata selama periode 3 tahun di bulan November-Desember untuk gempa Aceh dan 5 tahun di bulan Februari-Maret untuk gempa Sumatera Barat. Awan gempa diamati dengan membuat kontur harian data MTSAT selama 3 bulan pengamatan, dan kemudian menganimasikannya. Animasi dibuat dengan fungsi *getframe* dan *movie2avi* yang ada di MATLAB dengan *fps*=2. Nilai *fps* menentukan kecepatan *slide show* dari pada video (animasi) yang dihasilkan.

Anomali temperatur pada saat gempa dibandingkan dengan anomali temperatur pada bulan yang sama untuk tahun normal (tidak ada gempa). Jika terdapat anomali positif (kenaikan temperatur) 2-4 K atau lebih, dan hanya terjadi pada saat gempa saja, maka disimpulkan anomali temperatur ini berhubungan dengan gempa bumi (Guo, 2008). Jika terdapat anomali positif 2-4 K atau lebih, dan juga terjadi pada tahun normal yang lain, atau anomali bernilai kecil dari 2 K, maka disimpulkan tidak terjadi anomali temperatur yang disebabkan oleh gempa bumi, bisa jadi faktor penyebab anomali temperatur tersebut adalah faktor cuaca maupun kebakaran hutan. Analisis untuk awan gempa yaitu dengan cara mengamati animasi citra awan. Pada citra akan terlihat beberapa warna. Jika pada animasi awan tersebut terdapat awan lurus yang tidak dapat berpindah oleh angin (hanya bagian ekor saja yang berpindah) selama beberapa jam, maka dapat diprediksi bahwa jejak lurus tersebut merupakan awan gempa.

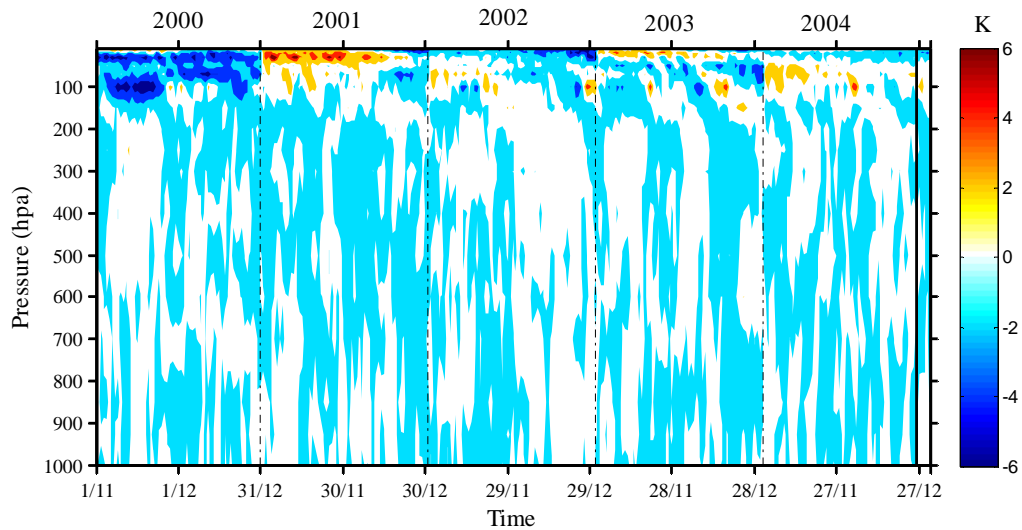
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Gempa Aceh

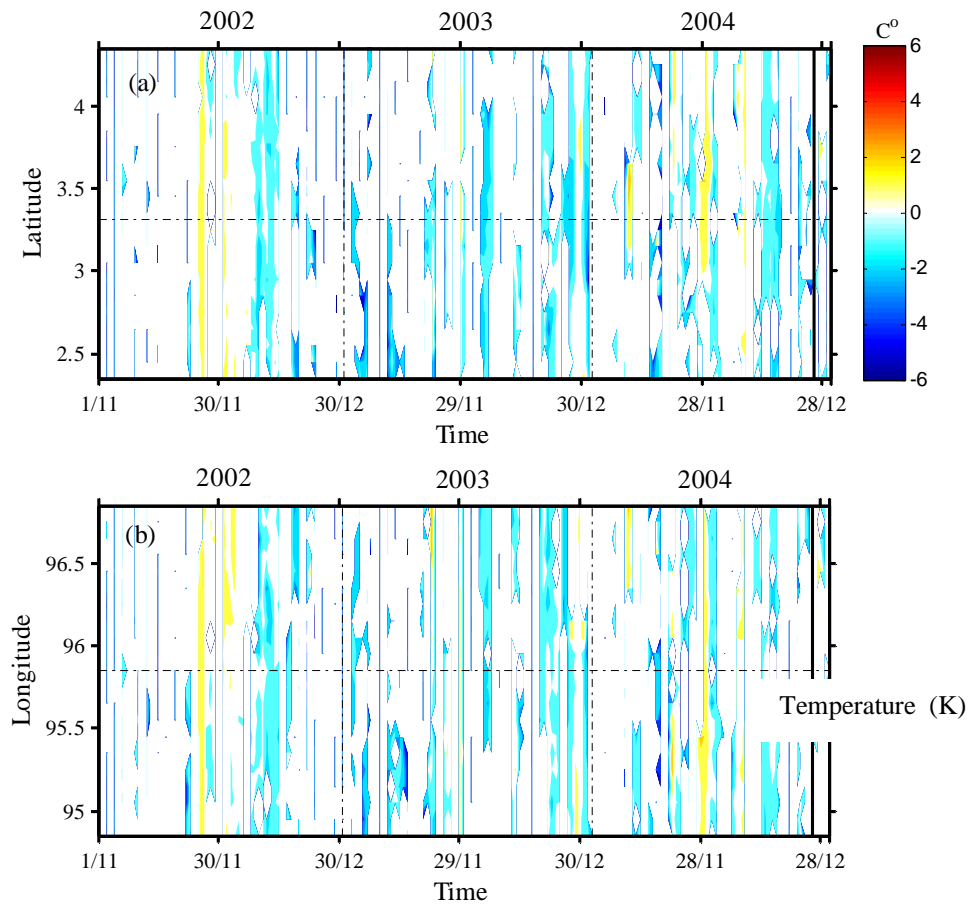
3.1.1 Anomali Temperatur

Gambar 1 menunjukkan anomali temperatur atmosfer dari data NCEP/NCAR reanalisis pada bulan November-Desember 2000-2004 untuk level tekanan 1000-10 hPa. Tekanan 1000 hPa setara dengan permukaan tanah. Dari gambar dapat dilihat bahwa anomali temperatur selama bulan November-Desember adalah negatif yang mengindikasikan bahwa terjadi penurunan temperatur dari temperatur rata-rata, termasuk pada saat gempa pada tanggal 26 Desember 2004. Dengan demikian, seandainya terjadi kenaikan temperatur permukaan tanah sebelum atau pada saat gempa, maka hal tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas atmosfer tetapi disebabkan oleh aktivitas gempa.

Gambar 2 menunjukkan anomali temperatur permukaan laut yang diperoleh dari data MODIS. Satelit MODIS mulai beroperasi pada tahun 2002 sehingga data yang tersedia untuk menganalisa gempa Aceh hanya tiga tahun (2002-2004). Data dirata-ratakan arah bujur (Gambar 2a) dan lintang (Gambar 2b) sejauh 1° dari episentrum. Pada tanggal 26 November 2002 terlihat adanya kenaikan temperatur (positif anomali) pada kedua gambar sekitar $1,71^\circ\text{C}$. Nilai tersebut merupakan nilai anomali tertinggi di tahun 2002, sedangkan di tahun 2003 nilai tertinggi terjadi pada tanggal 29 November 2003 dengan nilai $1,25^\circ\text{C}$. Tahun 2004 sering teramati kenaikan temperatur antara lain pada tanggal 10 November 2004 dengan nilai $1,88^\circ\text{C}$, tanggal 29 November 2004 dengan nilai $1,55^\circ\text{C}$, dan tanggal 9 Desember 2004 dengan nilai $1,23^\circ\text{C}$. Pada saat gempa terjadi yaitu pada tanggal 26 Desember 2004 justru terjadi penurunan temperatur dengan nilai anomali sebesar $-0,82^\circ\text{C}$. Temperatur kembali meningkat setelah gempa dengan nilai kenaikan mencapai $1,58^\circ\text{C}$.

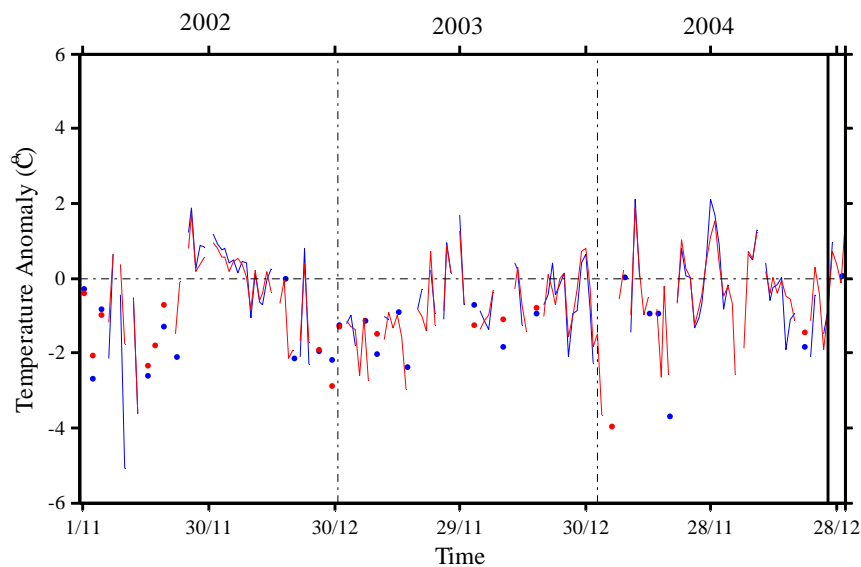


Gambar 1 Anomali temperatur atmosfer pada bulan November-Desember 2000-2004 dari data NCEP/NCAR reanalisis. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa.



Gambar 2 Anomali temperatur permukaan laut pada bulan November-Desember 2002-2004 dari satelit MODIS yang dirata-ratakan terhadap garis lintang (a) dan garis bujur (b). Garis horizontal putus-putus menunjukkan episentrum gempa, garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun, dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa pada tanggal 26 Desember 2004.

Untuk melihat perubahan temperatur secara lebih jelas, maka nilai anomali dirata-ratakan dalam *grid* $0,5^\circ$ dan 1° dari episentrum (Gambar 3). Kedua nilai rata-rata menunjukkan pola yang sama namun dengan nilai anomali temperatur yang sedikit berbeda. Misalnya, pada tahun 2003, nilai anomali temperatur tertinggi terjadi pada tanggal 26 November 2002 dengan nilai $1,86^\circ\text{C}$ untuk *grid* $0,5^\circ$ dan $1,71^\circ\text{C}$ untuk *grid* 1° . Di tahun 2004, nilai tertinggi anomali temperatur terjadi pada tanggal 10 November 2004 dengan nilai $2,10^\circ\text{C}$ untuk *grid* $0,5^\circ$ dan $1,88^\circ\text{C}$ untuk *grid* 1° . Pada saat gempa terjadi tanggal 26 Desember 2004, kedua *grid* menunjukkan penurunan temperatur sebagaimana yang juga terlihat pada Gambar 4.2, dengan nilai $-0,82^\circ\text{C}$. Kenaikan temperatur sekitar $0,95^\circ\text{C}$ dan $1,58^\circ\text{C}$ terjadi sesudah gempa untuk masing-masing *grid*. Pengambilan data dengan 2 *grid* berbeda bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan perubahan temperatur tersebar dari episentrum. Dari Gambar 3 didapatkan keterangan bahwa perubahan temperatur masih teramati pada daerah sejauh 1° dari episentrum.



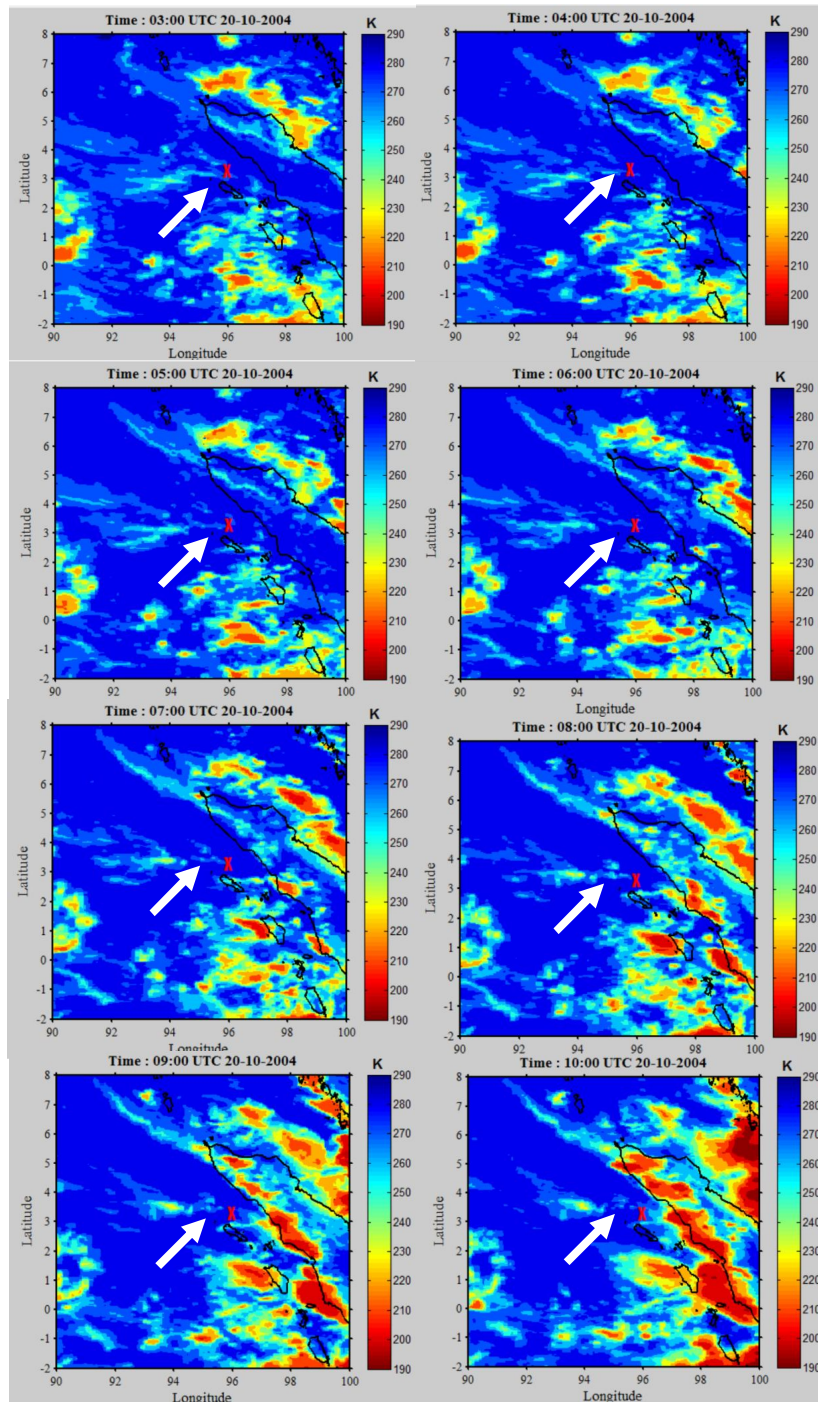
Gambar 3 Anomali temperatur permukaan laut pada bulan November-Desember 2002-2004 dari satelit MODIS yang dirata-ratakan dalam *grid* $0,5^\circ$ (warna biru) 1° (warna merah) dari episentrum. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun, dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa pada tanggal 26 Desember 2004.

Dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa pada saat gempa Aceh kenaikan temperatur terjadi bukan sebelum gempa, namun setelah gempa terjadi. Hal ini mirip dengan yang ditemukan oleh Sulçe (2013). Selain itu, nilai anomali temperatur pada gempa Aceh ini masih lebih rendah dari batas nilai sebagai prekursor gempa bumi karena nilai anomali temperatur sebagai prekursor gempa bumi adalah 2-4 K atau lebih (Guo, 2008).

3.1.2 Awan Gempa

Awan gempa diamati dari data satelit MTSAT yang dianimasikan selama 3 bulan sebelum gempa (Oktober- Desember 2004). Dari animasi tidak terlihat adanya indikasi kuat tentang kemunculan awan gempa sebelum gempa Aceh. Pola awan yang berbetuk lurus dengan kepala yang tetap tidak teramati pada episentrum gempa Aceh. Pada tanggal 20 Oktober 2004 pukul 03-10 UTC (UTC=WIB+7) teramati sebuah pola awan yang agak mirip dengan awan gempa. Citra awan dapat diamati pada Gambar 4. Walaupun demikian, pengamatan lebih detil terhadap awan ini memperlihatkan bahwa awan yang diduga awan gempa ini merupakan sisa dari awan konvektif yang terjadi sebelumnya. Awan ini juga menghilang ketika awan konvektif melalui daerah episentrum. Jika awan ini adalah awan gempa, maka awan ini akan membentuk jejak pada awan konvektif karena suhunya yang lebih tinggi (Guo dan Wang, 2008).

Tidak teramatinya awan gempa pada gempa Aceh kemungkinan disebabkan oleh beberapa alasan. Pertama, gempa Aceh merupakan gempa laut sedangkan awan gempa yang teramati selama ini berasal dari gempa darat. Gempa darat lebih potensial menghasilkan awan karena radiasi radon atau aktivitas seismik lainnya akan langsung berinteraksi dengan atmosfer yang kemudian bisa menginisiasi terbentuknya awan. Hal ini akan lebih sulit terjadi pada gempa laut karena adanya air laut. Alasan kedua adalah sangat aktifnya proses konvektif di sekitar Sumatera dan Samudera Hindia (Marzuki dkk., 2013) Hal ini sangat menyulitkan pengamatan awan gempa karena awan konvektif jauh lebih dominan.

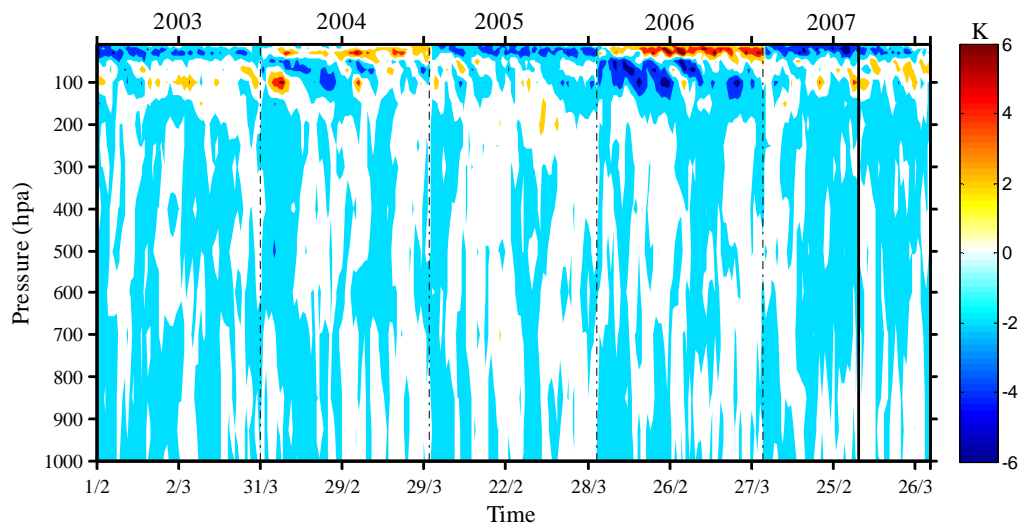


Gambar 4 Pergerakan awan dari satelit MTSAT setiap 1 jam pada tanggal 20 Oktober 2004 pukul 03-10 UTC

3.2 Gempa Sumatera Barat

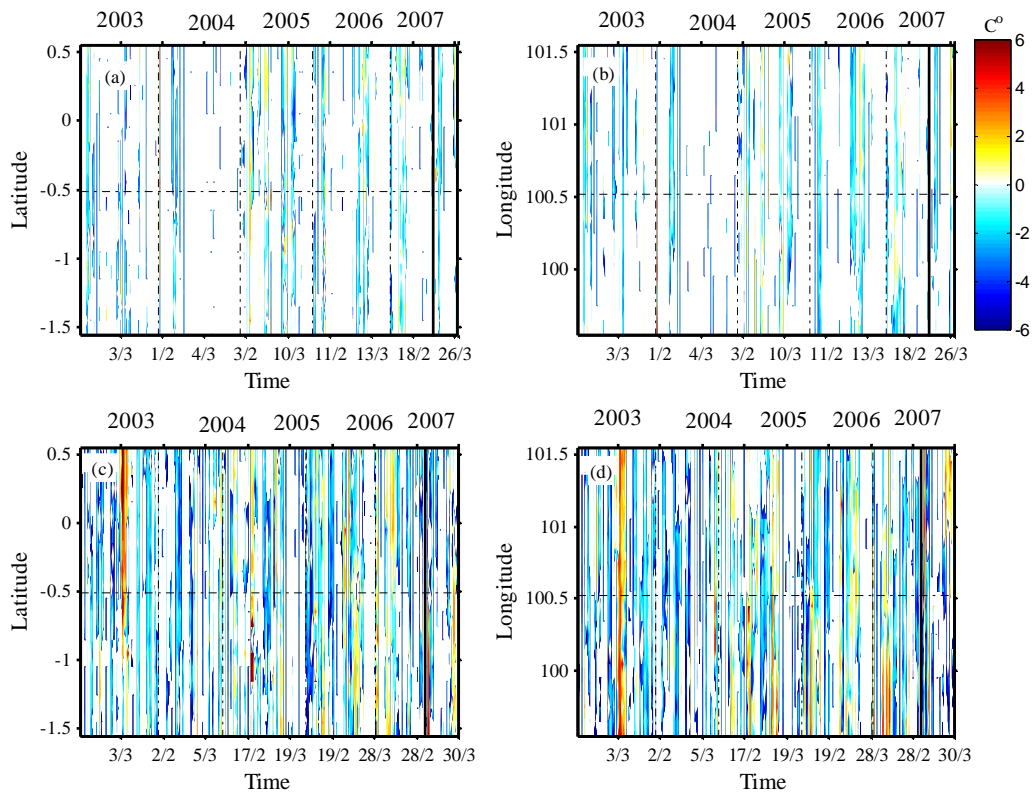
3.2.1 Anomali Temperatur

Sama halnya dengan gempa Aceh, sebelum membahas tentang anomali temperatur permukaan tanah, terlebih dahulu dianalisa anomali temperatur atmosfer (Gambar 5). Seperti yang telah disebutkan, anomali temperatur adalah selisih temperatur sesaat dengan temperatur rata-rata selama periode pengamatan. Untuk gempa Sumatera Barat, periode pengamatan adalah bulan Februari-Maret 2003-2007. Dari gambar dapat dilihat bahwa anomali temperatur selama bulan Februari-Maret adalah negatif yang mengindikasikan bahwa terjadi penurunan temperatur dari temperatur rata-rata, termasuk pada saat gempa pada tanggal 6 Maret 2007. Oleh karena itu, seandainya terjadi kenaikan temperatur permukaan tanah sebelum atau pada saat gempa, maka hal tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas atmosfer melainkan oleh aktivitas gempa.



Gambar 5 Anomali temperatur atmosfer pada bulan Februari-Maret 2003-2007 dari data NCEP/NCAR reanalisis. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa.

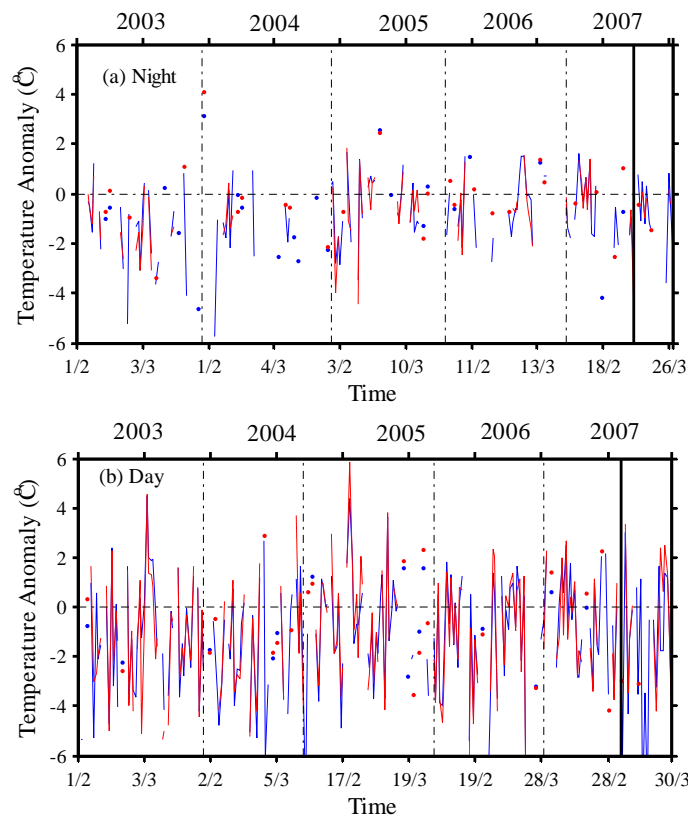
Gambar 6 menunjukkan anomali temperatur permukaan tanah yang diperoleh dari data MODIS. Data satelit MODIS yang digunakan untuk menganalisa gempa Sumatera Barat adalah data temperatur permukaan tanah selama 5 tahun (2003-2007). Data ini terdiri dari dua bagian yaitu data siang dan data malam dikarenakan kontrasnya perbedaan temperatur di daratan pada saat siang dan malam. Data malam dirata-ratakan arah bujur (Gambar 6a) dan lintang (Gambar 6b) sejauh 1° dari episentrum, begitu juga dengan data siang (Gambar 6c-d). Jumlah data MODIS pada siang hari untuk temperatur tanah lebih banyak dari pada malam hari. Pada tanggal 3 Maret 2003 terlihat adanya kenaikan temperatur pada kedua gambar sekitar $4,52^\circ\text{C}$. Nilai tersebut merupakan nilai anomali tertinggi di tahun 2003, sedangkan di tahun 2005 nilai tertinggi terjadi pada tanggal 20 Februari 2005 dengan nilai $4,37^\circ\text{C}$. Berbeda dengan tahun 2004 dan 2006 kenaikan temperatur yang kuat tidak terlalu sering terjadi. Sebelum gempa 6 Maret 2007, kenaikan temperatur sempat terjadi pada tanggal 27 Februari 2007 sekitar $2,13^\circ\text{C}$, namun pada saat gempa justru terjadi penurunan temperatur dengan nilai anomali sebesar $-1,99^\circ\text{C}$. Temperatur kembali meningkat setelah gempa dengan nilai kenaikan mencapai $3,02^\circ\text{C}$. Berdasarkan hal tersebut dapat kita amati bahwa anomali temperatur terjadi hampir setiap tahun meskipun dengan nilai yang berbeda-beda. Hal ini mengindikasikan bahwa anomali temperatur yang terjadi bukan disebabkan oleh aktivitas seismik, tetapi merupakan sebuah siklus tahunan.



Gambar 6 Anomali temperatur permukaan tanah pada bulan Februari-Maret 2003-2007 dari satelit MODIS pada waktu malam yang dirata-ratakan terhadap garis lintang (a) dan garis bujur (b) serta pada waktu siang yang dirata-ratakan terhadap garis lintang (c) dan garis bujur (d). Garis horizontal putus-putus menunjukkan episentrum gempa, garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun, dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa pada tanggal 6 Maret 2007.

Untuk melihat perubahan temperatur secara lebih jelas, maka nilai anomali dirata-ratakan dalam *grid* $0,5^\circ$ dan 1° dari episentrum untuk waktu malam (Gambar 7a) dan siang (Gambar 7b). Kedua nilai rata-rata pada siang dan malam hari menunjukkan pola yang sama namun dengan nilai anomali temperatur yang sedikit berbeda. Perubahan anomali temperatur lebih terlihat dengan jelas pada siang hari. Misalnya, pada tahun 2003, nilai anomali temperatur tertinggi terjadi pada tanggal 3 Maret 2003 dengan nilai $4,55^\circ\text{C}$ untuk *grid* $0,5^\circ$ dan $4,52^\circ\text{C}$ untuk *grid* 1° . Di tahun 2005, nilai tertinggi anomali temperatur terjadi pada tanggal 20 Februari 2005 dengan nilai $5,88^\circ\text{C}$ untuk untuk *grid* $0,5^\circ$ dan $4,37^\circ\text{C}$ untuk *grid* 1° . Sebelum gempa terjadi, anomali temperatur tertinggi teramati pada tanggal 27 Februari 2007 hanya pada *grid* 1° saja yaitu sekitar $2,13^\circ\text{C}$ dikarenakan data dalam *grid* $0,5^\circ$ tidak ada. Pada saat gempa terjadi tanggal 6 Maret 2007, kedua *grid* menunjukkan penurunan temperatur sebagaimana yang juga terlihat pada Gambar 4.2, dengan nilai $-2,96^\circ\text{C}$ untuk *grid* $0,5^\circ$ dan $-1,98^\circ\text{C}$ untuk *grid* 1° . Kenaikan temperatur sekitar $3,37^\circ\text{C}$ dan $3,02^\circ\text{C}$ juga terjadi sesudah gempa untuk masing-masing *grid*.

Sama halnya dengan gempa Aceh, dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa pada saat gempa Sumatera Barat kenaikan temperatur terjadi bukan sebelum gempa, namun setelah gempa terjadi. Hal ini mirip dengan yang ditemukan oleh Sulçe (2013). Selain itu, meskipun nilai anomali temperatur pada gempa Sumatera Barat ini berada dalam batas nilai sebagai prekursor gempa bumi yaitu 2-4 K atau lebih (Guo, 2008), namun anomali temperatur terjadi hampir setiap tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa anomali temperatur yang terjadi bukan disebabkan oleh aktivitas seismik, melainkan sebuah siklus tahunan.



Gambar 7 Anomali temperatur permukaan tanah pada bulan Februari-Maret 2003-2007 dari satelit MODIS yang dirata-ratakan dalam grid 0,5° (warna biru) dan 1° (warna merah) dari episentrum. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun, dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa pada tanggal 6 Maret 2007.

3.2.2 Awan Gempa

Awan gempa diamati dari data satelit MTSAT yang dianimasikan selama 3 bulan sebelum gempa (Desember 2006-Maret 2007). Dari animasi tidak terlihat adanya indikasi kuat tentang kemunculan awan gempa sebelum gempa Sumatera Barat terjadi. Pola awan yang berbentuk lurus dengan kepala yang tetap tidak teramati di episentrum gempa Sumatera Barat.

Seperti pada gempa Aceh, tidak teramatinya awan gempa pada gempa Sumatera Barat kemungkinan disebabkan oleh beberapa alasan. Pertama, awan gempa yang mengiringi gempa Sumatera Barat memang tidak ada walaupun gempa Sumatera Barat merupakan gempa darat yang lebih potensial menghasilkan awan. Alasan kedua adalah sangat aktifnya proses konvektif di sekitar Sumatera. Seperti yang diamati dalam animasi awan, awan konvektif sangat dominan terjadi sehingga menyulitkan pengamatan awan gempa.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa kenaikan temperatur permukaan air laut dan tanah baik untuk gempa Aceh maupun gempa Sumatera Barat terjadi setelah gempa. Nilai anomali temperatur pada gempa Aceh (1,58°C) masih lebih rendah dari batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (> 2 K). Untuk gempa Sumatera Barat, nilai anomali temperatur pada gempa (3,02°C) berada dalam batas nilai sebagai prekursor gempa bumi, tetapi anomali temperatur tersebut terjadi hampir setiap tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa anomali temperatur yang terjadi bukan disebabkan oleh aktivitas seismik, melainkan sebuah siklus tahunan. Untuk kasus awan gempa, pada kedua gempa tidak ditemukan adanya kemunculan awan gempa sebelum gempa terjadi. Namun, pada gempa Aceh terlihat pola awan yang agak mirip dengan dengan awan gempa. Setelah diamati lebih detail, awan yang diduga awan gempa

ini merupakan sisa dari awan konvektif yang terjadi sebelumnya. Awan ini juga menghilang ketika awan konvektif melalui daerah episentrum. Jika awan ini adalah awan gempa, maka awan ini akan membentuk jejak pada awan konvektif karena suhunya yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Coolbaugh, M. F., Kratt, C., Fallacaro, A., Calvin, W. M. dan Taranik, J. V., 2007, Detection of Geothermal Anomalies using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Thermal Infrared Images at Bradys Hot Spring, Nevada, USA, *Remote Sensing of Environment*, Elsevier, Vol. 106, hal. 350-359.
- Guo, G. M., 2008, Studying Thermal Anomaly before Earthquake with NCEP Data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVII, Bagian B8, Beijing.
- Guo, G. M. dan Wang, B., 2008, Cloud Anomaly before Iran Earthquake, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 29, No. 7, hal 1921-1928.
- Marzuki, Hashiguchi, H., Yamamoto, M. K., Yamamoto, M., Mori, S., Yamanaka, M. D., Carbone, R. E. dan Tuttle, J. D., 2013, Cloud Episode Propagation Over the Indonesian Maritime Continent from 10 years of Infrared Brightness Temperature Observations, *Atmospheric Research*, Vol. 120-121, hal. 268-286
- Morozova, L. I., 1997, Dynamics of Cloudy Anomalies above Fracture Regions during Natural and Anthropogenically caused Seismic Activities, *Fizika Zemli*, Vol. 9, hal. 94-96.
- Okyay, U., 2012, Evaluation of Thermal Remote Sensing for Detection of Thermal Anomalies as Earthquake Precursors, *Tesis*, University of Minister, Minister.
- Ouzonov, D. dan Freund, F., 2004, Mid-infrared Emission Prior to Strong Earthquake Analyzed by Remote Sensing Data, *Advances in Space Research*, Vol. 33, hal. 268-273.
- Pribadi, K. S. dan Yuliatwati, A. K., 2008, Pendidikan Siaga Bencana Gempa Bumi sebagai Upaya Meningkatkan Keselamatan Siswa (Studi Kasus pada SDN Cirateun dan SDN Padasuka 2 Kabupaten Bandung), *Jurnal UPI*, Bandung.
- Saraf, A. K. dan Choudhury, S., 2004, Satellite Detects Surface Thermal Anomalies Associated with the Algerian Earthquakes of May 2003. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, hal. 2705-2713.
- Saraf, A. K. dan Choudhury, S., 2005, NOAA-AVHRR Detects Thermal Anomaly Associated with 26 January, 2001 Bhuj Earthquake, Gujarat, India. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, hal. 1065-1073.
- Saraf, A. K., Rawat, V., Choudhury, S., Dasgupta, S. dan Das, J., 2009. Advances in Understanding of the Mechanism for Generation of Earthquake Thermal Precursors Detected by Satellites. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 11, hal. 373-379.
- Sulçe, A., 2013, Is Land Surface Temperature an Earthquake Precursor?, *Tesis*, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universat Jaume I, Castellon.
- Tronin, A., Hayakawa, M. dan Molchanov, O. A., 2002, Thermal IR Satellite Data Application for Earthquake Research in Japan and China, *Journal of Geodynamics*, Vol. 33, hal. 519-534.