

## ANOMALI TEMPERATUR DAN AWAN GEMPA YANG MENGIRINGI GEMPA NEPAL 2015

**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 Nepal pada tanggal 24 April dan 17 Mei 2015 telah diteliti menggunakan data temperatur tanah dari satelit *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 tanah tidak teramati sebelum gempa Nepal terjadi. Hasil penelitian ini mempertegas penelitian sebelumnya dimana tidak semua kasus gempa didahului dengan kenaikan temperatur tanah dan kemunculan awan gempa.

Kata kunci : anomali temperatur tanah, awan gempa, gempa Nepal 2015

### ABSTRACT

*Temperature anomaly and earthquake cloud associated with the Nepal earthquake occurred on April 24 and May 17, 2015 had been studied by using the land surface temperatur data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite and cloud propagation data from Multi-functional Transport Satellite (MTSAT). The atmosphere temperature from the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and the National Center for Atmospheric Research (NCAR) reanalysis data were also used to confirm that temperature anomaly was not due to 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 surface temperatures and earthquake cloud were not observed before the two earthquakes. This result reinforces the previous study that not all cases of the earthquake is preceded by the increase of land surface temperatur and the occurrence of earthquake cloud.*

*Keywords: land surface temperatur anomaly, earthquake cloud, Nepal earthquake 2015*

### I. PENDAHULUAN

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memprediksi gempa bumi dalam rangka meningkatkan kesiapan dalam menghadapi dampak yang ditimbulkan oleh bencana alam ini. Ulasan lengkap mengenai prediksi gempa bumi dapat ditemukan di dalam Geller (1997). Terlepas dari pro dan kontra tentang kemungkinan untuk memprediksi gempa bumi, penelitian tentang hal ini terus berkembang dan salah satunya adalah pengamatan prekursor gempa bumi.

Prekursor gempa bumi adalah fenomena fisika yang dilaporkan mengikuti kejadian gempa bumi, biasanya sebelum gempa bumi terjadi. Menurut Cicerone dkk. (2009), beberapa prekursor yang digunakan untuk memprediksi terjadinya gempa bumi antara lain adalah medan listrik dan medan magnet induksi, emisi gas, perubahan ketinggian air tanah, perubahan temperatur, perubahan bentuk permukaan, dan anomali pola seismisitas. Selain beberapa hal di atas, ada juga prekursor 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).

Meningkatnya penelitian mengenai anomali temperatur meningkatkan pula perdebatan tentang fenomena ini. Hal ini disebabkan adanya perbedaan hasil diantara peneliti. 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). Di sisi lain, sebagian peneliti tidak menemukan adanya kenaikan temperatur sebelum gempa. Misalnya, Sulçe (2013) mengatakan bahwa ia tidak menemukan anomali temperatur sebelum gempa bumi, sebaliknya ia menemukan anomali temperatur sekitar 2 hari setelah gempa bumi.

Sama halnya dengan anomali temperatur, perdebatan juga terjadi pada awan gempa. 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. Setelah Guo dan Wang (2008) tidak ditemukan publikasi terbaru tentang kemunculan awan gempa. Rahma dan Marzuki (2015) meneliti tentang anomali temperatur dan awan gempa yang mengiringi gempa Aceh 2004 dan gempa Sumatera Barat 2007. Mereka tidak menemukan awan gempa dan kenaikan temperatur permukaan tanah yang mengiringi kedua gempa tersebut.

Dilatarbelakangi oleh adanya perbedaan hasil penelitian di atas, maka sangat diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mengambil kasus-kasus gempa yang lain. Dalam tulisan ini, akan dibahas anomali temperatur dan awan gempa yang mengiringi gempa Nepal 2015. Gempa Nepal terjadi pada 25 April 2015 sekitar jam 11:56 waktu setempat. Gempa ini berkekuatan 7,8 Mw dengan episenter 28,147°N 84,708°E terletak di kawasan Gorkha (sekitar 80 km utara-barat dari Kathmandu). Gempa terjadi pada antarmuka subduksi sepanjang busur Himalaya antara lempeng India dan lempeng Eurasia. Gempa susulan dengan kekuatan yang cukup besar (7,3 Mw) terjadi 12 Mei 2015 sekitar jam 12:51 waktu setempat. Gempa ini terjadi pada kedalaman 18,5 km dengan episenter pada 27,837°N 86,077°E. Gambaran lengkap gempa ini beserta dampak yang ditimbulkan dapat dilihat pada Goda dkk. (2015).

## II. METODOLOGI

Anomali temperatur permukaan tanah dihitung dari data satelit *Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) seri MOD11C1 dengan resolusi waktu 1 hari dan resolusi spasial 0,1°. Periode data yang digunakan adalah April-Mei dari tahun 2011 hingga 2015. Data temperatur permukaan tanah dibedakan antara siang dan malam karena adanya perbedaan temperatur yang signifikan antara siang dan malam. Anomali temperatur dihitung dari selisih antara nilai temperatur sesaat dengan temperatur rata-rata selama periode 5 tahun. Anomali temperatur pada saat gempa dibandingkan dengan anomali temperatur pada bulan yang sama untuk tahun normal (tidak ada gempa). Jika terdapat kenaikan temperatur 2-4 K atau lebih, dan hanya terjadi

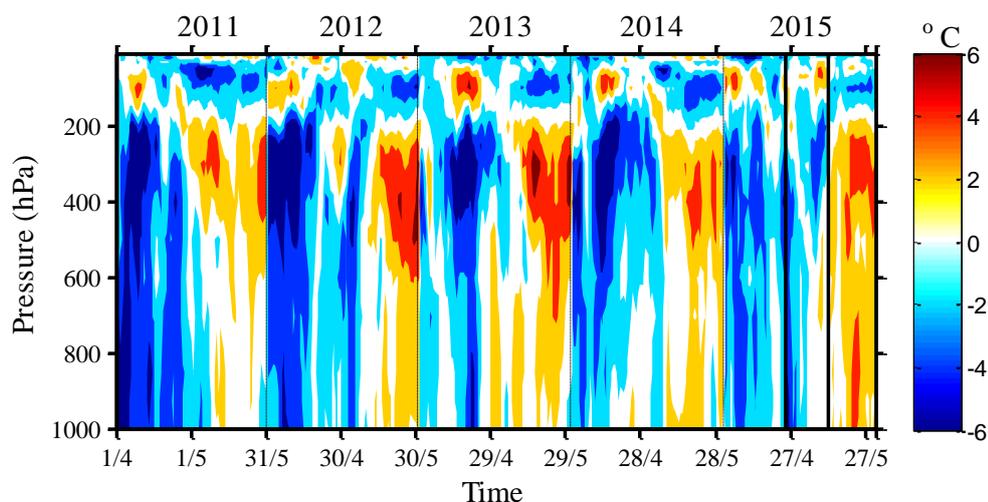
pada saat gempa saja, maka disimpulkan anomali temperatur ini berhubungan dengan gempa bumi (Guo, 2008). Jika terdapat kenaikan temperatur 2-4 K atau lebih, dan juga terjadi pada tahun normal yang lain, atau anomali bernilai kecil dari 2 K, maka disimpulkan tidak terjadi anomali temperatur yang disebabkan oleh gempa bumi, bisa jadi faktor penyebab anomali temperatur tersebut adalah faktor cuaca maupun kebakaran hutan. Untuk memastikan apakah anomali temperatur terjadi akibat gempa bumi atau aktivitas cuaca, digunakan data temperatur udara dari *National Centers for Environmental Prediction (NCEP)-National Center for Atmospheric Research (NCAR)*, dengan periode yang sama dengan data MODIS. Resolusi waktu dan spasial data ini berturut-turut adalah 1 hari dan  $2,5^\circ$ .

Awan gempa yang mengiringi gempa Nepal dipantau dari citra satelit MTSAT selama bulan Januari-Mei 2015. Data diambil dalam rentang waktu tersebut karena indikasi kemunculan awan gempa adalah sekitar 3 bulan sebelum gempa terjadi (Guo dan Wang, 2008). Data ini mempunyai resolusi waktu 1 jam dan resolusi spasial  $0,05^\circ$ . Awan gempa diamati dengan membuat kontur harian data MTSAT selama 5 bulan pengamatan, dan kemudian menganimasikannya. Jika pada animasi 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 Anomali Temperatur

Gambar 1 menunjukkan anomali temperatur atmosfer dari data NCEP/NCAR reanalisis pada bulan April-Mei 2011-2015 untuk level tekanan 1000-10 hPa. Tekanan 1000 hPa setara dengan permukaan tanah. Dari gambar dapat dilihat bahwa anomali temperatur selama bulan April adalah negatif yang mengindikasikan bahwa terjadi penurunan temperatur dari temperatur rata-rata, termasuk pada saat gempa pada tanggal 25 April 2015. Anomali selama bulan Mei adalah positif yang mengindikasikan bahwa terjadi kenaikan temperatur dari temperatur rata-rata, termasuk pada saat gempa pada tanggal 12 Mei 2015. Anomali temperatur udara tertinggi, teramati pada lapisan 500-200 hPa.

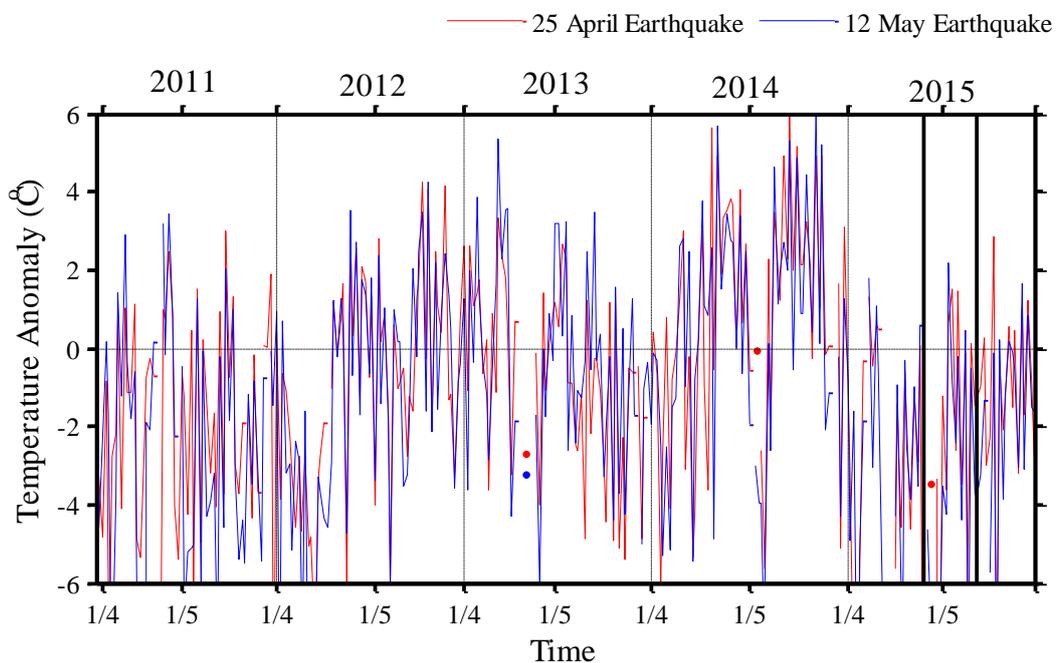


Gambar 1 Anomali temperatur atmosfer pada bulan November-Desember 2011-2015 dari data NCEP/NCAR reanalisis. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa.

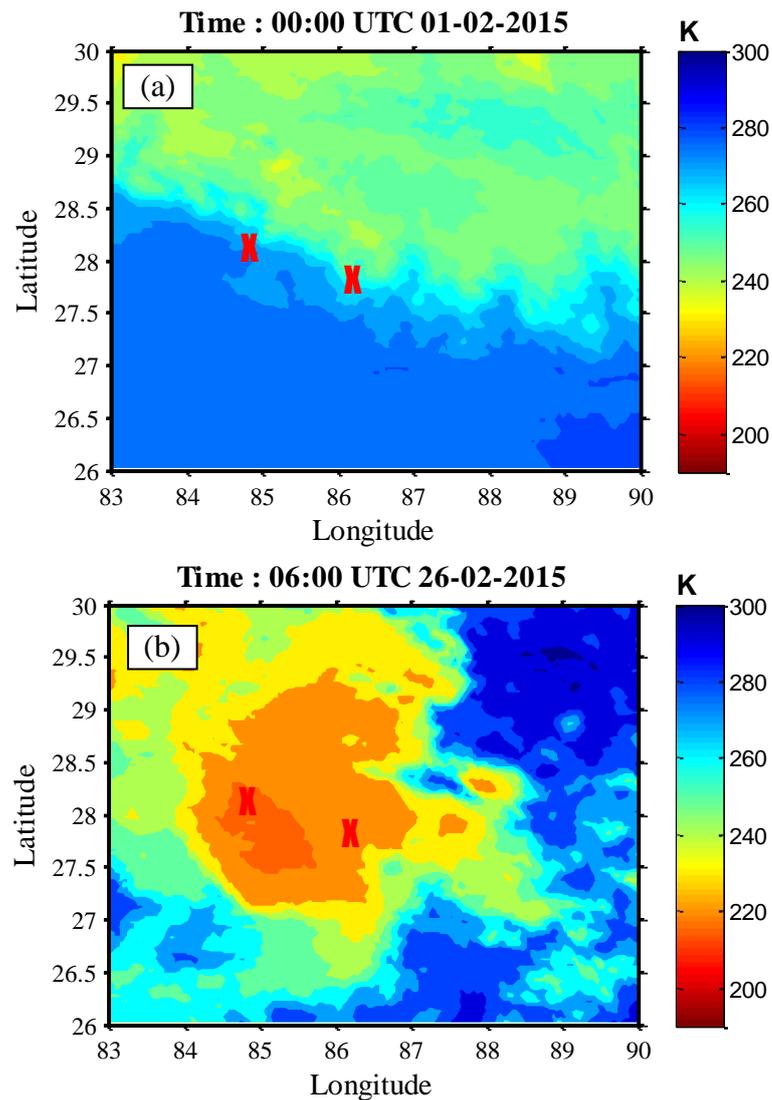
Gambar 2 menunjukkan anomali temperatur permukaan tanah yang diperoleh dari data MODIS. Untuk melihat perubahan temperatur secara lebih jelas, maka nilai anomali dirata-ratakan dalam grid  $\pm 0,5^\circ$  dari episentrum. Kedua kasus gempa memperlihatkan pola nilai rata-rata anomali temperatur yang sama. Kenaikan nilai temperatur tanah besar dari 2 K (anomali  $> 2$  K) terlihat dominan pada bulan Mei 2012, April 2013, dan April-Mei 2014. Puncak-puncak anomali menyerupai sebuah gelombang dimana secara umum anomali bernilai negatif pada 2011, positif pada 2012, negatif pada 2013, kembali positif pada 2014 dan negatif lagi pada 2015. Pola ini agak berbeda dengan pola temperatur udara (Gambar 1). Alasan mengenai pola anomali temperatur ini diluar lingkup penelitian ini.

Peningkatan temperatur yang berhubungan dengan gempa biasanya terlihat 7-14 hari sebelum terjadinya gempa dengan kenaikan sebesar 2-4 K atau lebih dan mulai menghilang beberapa hari setelah terjadinya gempa (Guo, 2008). Jika mengacu kepada Gambar 2, kenaikan temperatur sebelum gempa pada tanggal 25 April 2015 tidak terlihat. Temperatur tanah malahan memperlihatkan penurunan temperatur dari kondisi normal yang ditandai dengan anomali negatif sebesar 5-9 K. Penurunan temperatur tanah ini mirip dengan penurunan temperatur atmosfer (Gambar 1).

Sebelum gempa susulan pada tanggal 15 Mei, terlihat adanya sedikit kenaikan temperatur permukaan tanah. Pada tanggal 3 Mei terlihat kenaikan temperatur sekitar 2 K, tetapi hal ini hanya bertahan satu hari. Secara umum temperatur permukaan tanah sebelum gempa 15 Mei juga menurun sebagaimana sebelum gempa utama 25 April. Pada tanggal 16 Mei anomali mencapai -6 K. Dengan demikian, kenaikan temperatur tanah sebagai prekursor gempa tidak teramati sebelum gempa Nepal 2015.



Gambar 2 Rata-rata anomali temperatur permukaan tanah pada bulan April-Mei 2011-2015 dari satelit MODIS yang dirata-ratakan dalam grid  $\pm 0,5^\circ$  dari episentrum. Garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa.



Gambar 3 Citra awan dari satelit MTSAT untuk tanggal 1 (a) dan 26 Februari 2016 (b). UTC adalah kependekan dari *Coordinated Universal Time*.

### 3.2 Awan Gempa

Dari animasi citra awan tidak terlihat adanya indikasi kuat tentang kemunculan awan gempa sebelum gempa Nepal 2015. Pola awan yang berbetuk lurus dengan kepala yang tetap tidak teramati pada episentrum gempa. Rahma dan Marzuki (2015) mengemukakan dua alasan tidak teramatinya awan gempa pada gempa Aceh 2004 dan gempa Sumatera Barat 2006. Pertama, awan gempa yang mengiringi gempa Sumatera Barat memang tidak ada walaupun gempa Sumatera Barat merupakan gempa darat yang lebih potensial menghasilkan awan. Kemungkinan ini juga berlaku untuk gempa Nepal 2015. Alasan kedua adalah sangat aktifnya proses konvektif di sekitar Sumatera dan Samudera Hindia (Marzuki dkk., 2013). Kawasan Nepal tidak mempunyai awan konvektif sebanyak di Sumatera. Awan-awan rendah ( $T < 240$  K) terlihat hampir setiap saat di bagian utara episenter dan sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 3a. Awan-awan kovektif dalam (*deep convective*) sekali-kali juga teramati, yang bergerak dari barat ke timur (Gambar 3b). Oleh karena itu, dari segi kemunculan awan konvektif, awan gempa untuk gempa Nepal 2015 lebih mudah diamati dari gempa Sumatera.

Namun, penelitian ini tidak melihat adanya indikasi kuat tentang kemunculan awan gempa sebelum gempa Nepal 2015.

#### IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa tidak ada kenaikan temperatur permukaan tanah sebelum gempa Nepal 2015. Temperatur tanah malahan memperlihatkan penurunan dari kondisi normal yang ditandai dengan anomali negatif sebesar 5-9 K. Penelitian ini juga tidak menemukan adanya kemunculan awan gempa sebelum gempa terjadi. Hasil penelitian yang didapatkan di dalam penelitian ini konsisten dengan yang ditemukan pada gempa Aceh 2004 dan Gempa Sumatera Barat 2006. Penelitian lebih lanjut masih harus dilakukan terutama mengenai karakteristik gempa yang diawali oleh kenaikan temperatur permukaan tanah dan awan gempa, dan mana yang tanpa dua prekursor tersebut. Hal ini akan sangat membantu penelitian ke depannya mengenai anomali temperatur permukaan tanah dan awan gempa sebagai prekursor gempa bumi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cicerone, R. D., Ebel, J. E. dan Britton, J., 2009. A Systematic Compilation of Earthquake Precursors, *Tectonophysics*, Elsevier, Vol. 476, hal. 371-396.
- Geller, R. J, 1997, Earthquake prediction: a critical review, *Geophys. J. Int.* Vol. 131, Hal. 425-450
- Goda K, Kiyota T, Pokhrel RM, Chiaro G, Katagiri T, Sharma K and Wilkinson S (2015) The 2015 Gorkha Nepal earthquake: insights from earthquake damage survey. *Front. Built Environ.* 1:8. doi: 10.3389/fbuil.2015.00008
- 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.
- Rahma, M. dan Marzuki, 2015, Pengamatan Anomali Temperatur dan Awan Gempa Yang Mengiringi Gempa Aceh 2004 dan Gempa Sumatera Barat 2007, *Jurnal Fisika Unand* (inpress)
- 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.
- 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.