

Analisis Anomali Temperatur Permukaan Tanah dan Awan Gempa Berkaitan dengan Gempa Palu 2018

Silvia Wahyuni, Marzuki*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 06 Januari 2020
Direvisi: 14 Januari 2020
Diterima: 17 Januari 2020

Kata kunci:

anomali temperatur permukaan tanah
awan gempa
gempa Palu
MODIS
MTSAT

Keywords:

*anomaly land surface temperature
earthquake cloud
Palu earthquake
MODIS
MTSAT*

Penulis Korespondensi:

Marzuki
Email: marzuki@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Anomali temperatur permukaan tanah dan awan gempa yang berkaitan gempa bumi yang terjadi di Palu 28 September 2018 telah diteliti menggunakan data temperatur permukaan tanah dan permukaan air laut dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) dan data awan dari satelit *Multifunction Transport Satellite* (MTSAT). Data temperatur udara dari *European Centre for Medium Range Weather Forecasts* (EMCWF) juga digunakan untuk memastikan bahwa anomali temperatur bukan disebabkan oleh aktivitas cuaca. Anomali temperature permukaan tanah diamati selama 5 tahun dari 2014-2018 dan awan gempa diamati 3 bulan sebelum terjadi gempa bumi. Penelitian ini menemukan adanya kenaikan temperatur permukaan tanah dan air laut sebagai prekursor gempa Palu 2018. Pada saat terjadi gempa kenaikan temperatur permukaan tanah pada siang hari sebesar 2,2 K melebihi batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (>2 K) tetapi kenaikan temperatur teramati setiap tahun. Selain itu, anomali temperatur permukaan laut hanya 0,25 K masih lebih kecil dari anomali sebagai prekursor gempa bumi (>2 K). Selama itu tidak ditemukan juga adanya kemunculan awan gempa sebelum gempa terjadi. Dengan demikian gempa Palu 2018 tidak diiringi oleh kenaikan temperatur permukaan tanah dan air laut serta kemunculan awan gempa.

Anomaly land surface temperature and earthquake cloud that related the 2018 Palu earthquake were examined using land and sea surface temperatures from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and cloud from the Multifunction Transport Satellite (MTSAT) satellite data. Air temperature data from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (EMCWF) were also used to ensure that temperature anomalies are not caused by weather activity. Land surface temperature anomalies were observed for five years from 2014-2018, and earthquake clouds were observed for three months before the earthquake. This study find an increase in the surface temperature of land and seawater as a precursor to the 2018 Palu earthquake. During the earthquake, there was an increase in land surface temperature by 2,2 K, which exceeds the limit value of anomaly land surface temperature as an earthquake precursor (> 2 K), but such an increase is observed every year. In addition, sea surface temperature anomaly is only 0,25 K, which is much smaller than the value as an earthquake precursor (> 2 K). It was also found that there is no earthquake cloud before the Palu earthquake. Thus, the 2018 Palu earthquake was not accompanied by an increase in land and sea surface temperatures and the appearance of earthquake clouds.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan getaran pada permukaan bumi, akibat adanya pelepasan energi secara tiba-tiba. Gempa bumi dapat menyebabkan dampak yang cukup besar terutama jika terjadi pada daerah dimana terdapat banyak pemukiman penduduk. Untuk mengurangi dampak dari gempa bumi, banyak hal yang telah dilakukan, seperti pembangunan rumah tahan gempa (Sukawi, 2010), pendidikan siaga gempa bumi di sekolah (Pribadi dan Yuliawati, 2008), peningkatan pengetahuan tenaga kerja tentang konstruksi rekayasa bangunan tahan gempa (Musyafa, 2011), dan prediksi waktu terjadinya gempa. Secara umum, prediksi gempa dapat dibagi dua yaitu prediksi jangka panjang dan prediksi jangka pendek. Prediksi jangka panjang biasanya didasarkan pada frekuensi perulangan (pendekatan statistik) dan prediksi jangka pendek berdasarkan pada prekursor.

Prekursor gempa adalah fenomena atau kejadian yang terjadi sebelum terjadinya gempa. Prekursor gempa yang sudah lama menjadi bahan penelitian yaitu anomali awan yang dihubungkan dengan anomali temperatur (Guo dan Wang, 2008). Anomali temperatur dapat diketahui dengan adanya peningkatan temperatur permukaan tanah atau laut di atas rata-rata pada beberapa hari sebelum terjadinya gempa bumi. Tekanan batuan dianggap sebagai pemicu peningkatan temperatur tersebut (aktivitas termal) sebagai akibat terjadinya pengumpulan tekanan (Ouzonov dan Freund, 2004). Selain itu, penambahan tekanan pada batuan mengakibatkan terciptanya pori-pori berukuran mikro pada kerak bumi. Hal ini dianggap dapat memungkinkan gas untuk bergerak mendekati ke permukaan dan mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur (Saraf dkk., 2009). Anomali temperatur terlihat 7-14 hari sebelum terjadinya gempa dan teramati pada jarak ribuan hingga puluh-ribuan kilometer dari pusat gempa. Peningkatan temperatur sebesar 2-4 K atau lebih teramati di atas pusat gempa dan menghilang beberapa hari setelah terjadinya gempa bumi (Guo, 2008).

Selain anomali temperatur, fenomena awan gempa juga menjadi banyak perhatian peneliti. Morozova (1997) mengatakan bahwa gas yang diemisikan dari bumi menuju langit, mengikis awan, sehingga terbentuklah jejak lurus yang disebut awan gempa. Peristiwa pelepasan ini disebut sebagai *earth degassing* dan merupakan akibat dari aktivitas pasangan (*coupling*) antara atmosfer dan litosfer. Akibat sumber panas yang tetap, maka awan gempa yang terbentuk pun akan tetap dan tidak akan berpindah oleh angin. Hal ini dapat diamati pada sebuah jejak lurus yang berada di dalam awan yang tebal dan besar.

Walaupun telah banyak penelitian yang mengamati kemunculan anomali temperatur dan awan gempa namun banyak pula penelitian yang menyangkalnya. Misalnya, Sulçe (2013) tidak menemukan adanya anomali temperatur sebelum gempa bumi, sebaliknya peneliti menemukan anomali temperatur teramati sekitar 2 hari setelah gempa bumi. Rahma dan Marzuki (2015) juga tidak menemukan anomali temperatur dan awan gempa selama gempa Aceh 2004 dan gempa Sumatera Barat 2007. Perbedaan hasil ini menandakan perlunya penelitian lebih banyak lagi terkait anomali temperatur dan awan gempa dalam kaitannya dengan prekursor gempa. Artikel ini menganalisis anomali temperatur dan awan gempa Palu yang terjadi pada 28 September 2018 17:02:44 WIB dengan kedalaman 10 km dan berkekuatan 7,5 SR dengan episentrum gempa -0,18 LU; 119,85 BT. Gempa ini merupakan aktivitas dari Sesar Palu-Koro (Socquet dkk., 2019).

II. METODE

Data penelitian yang digunakan adalah data temperatur permukaan tanah dan data awan. Data temperatur tanah yang digunakan adalah data dari satelit MODIS yang mempunyai resolusi waktu 1 hari dan resolusi spasial 0,1°. Data MODIS terbagi atas data temperatur permukaan tanah dan laut. Data temperatur permukaan tanah dibedakan antara siang dan malam, sedangkan data temperatur permukaan laut tidak. Selain itu, diambil juga data temperatur udara dari *European Center for Medium Range Weather Forecasts* (EMCWF) dengan resolusi spasial 0.1°. Data diambil selama 5 tahun (2014-2018) untuk mengetahui apakah anomali temperatur terjadi akibat gempa bumi atau aktivitas cuaca. Data awan diperoleh dari satelit *Multifunctional Transport Satellites* (MTSAT) channel inframerah-1 (IR-1) selama bulan Juli-September 2018 dengan resolusi waktu 1 jam dan resolusi spasial 0,05°. Data diambil dalam rentang waktu tersebut karena indikasi kemunculan awan gempa adalah sekitar 3 bulan sebelum gempa terjadi (Guo dan Wang, 2008). Data gempa dari website <http://earthquake.usgs.gov/>, juga digunakan untuk mengetahui titik episentrum gempa.

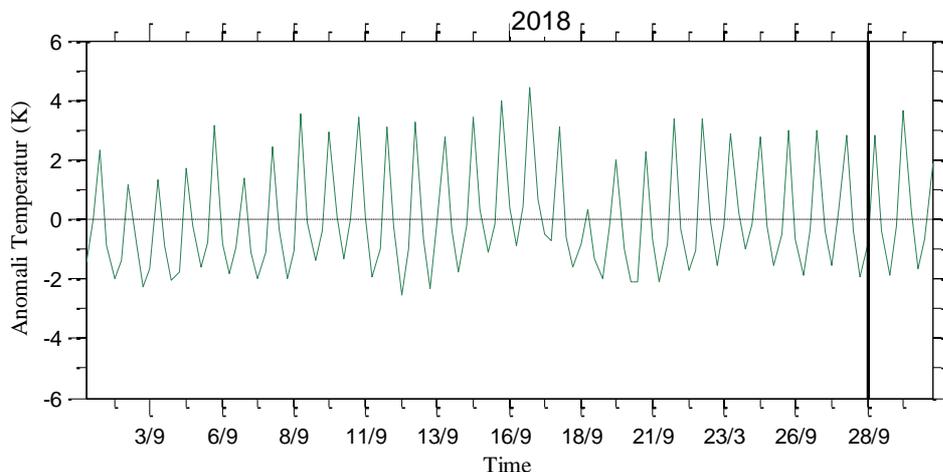
Dalam penelitian ini pengolahan data menggunakan *software* Matlab. Anomali temperatur dihitung dari selisih antara nilai temperatur sesaat dengan temperatur rata-rata selama periode 5 tahun. Data awan dari satellite MTSAT memiliki format data PGM. PGM adalah format citra yang berdasarkan teks untuk *greyscale images*. PGM dibaca dengan *imread* atau fungsi lain seperti *pgmread* pada Matlab. Awan gempa diamati dengan membuat kontur harian data MTSAT selama 3 bulan pengamatan yaitu Juli-September 2018 dan kemudian menganimasinya. Awan gempa dibuat animasinya dengan fungsi *getframe* dan *movie2avi* yang ada di Matlab dengan *fps=2*. Nilai *fps* menentukan kecepatan *slide show* dari video (animasi) yang dihasilkan.

Analisis untuk awan gempa yaitu dengan cara mengamati animasi citra awan. 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. Untuk anomali temperatur, apabila terjadi kenaikan temperatur permukaan tanah sebelum atau pada saat gempa, maka hal tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas atmosfer tetapi disebabkan oleh aktivitas gempa. Untuk melihat perubahan temperatur dengan lebih jelas, maka nilai anomali dirata-ratakan dalam grid $0,5^\circ$ dan 1° dari episentrum. Peningkatan temperatur yang berhubungan dengan gempa biasanya terlihat 7-14 hari sebelum gempa dengan kenaikan sebesar 2-4 K atau lebih dan mulai menghilang beberapa hari setelah terjadinya gempa (Guo, 2008).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Anomali Temperatur

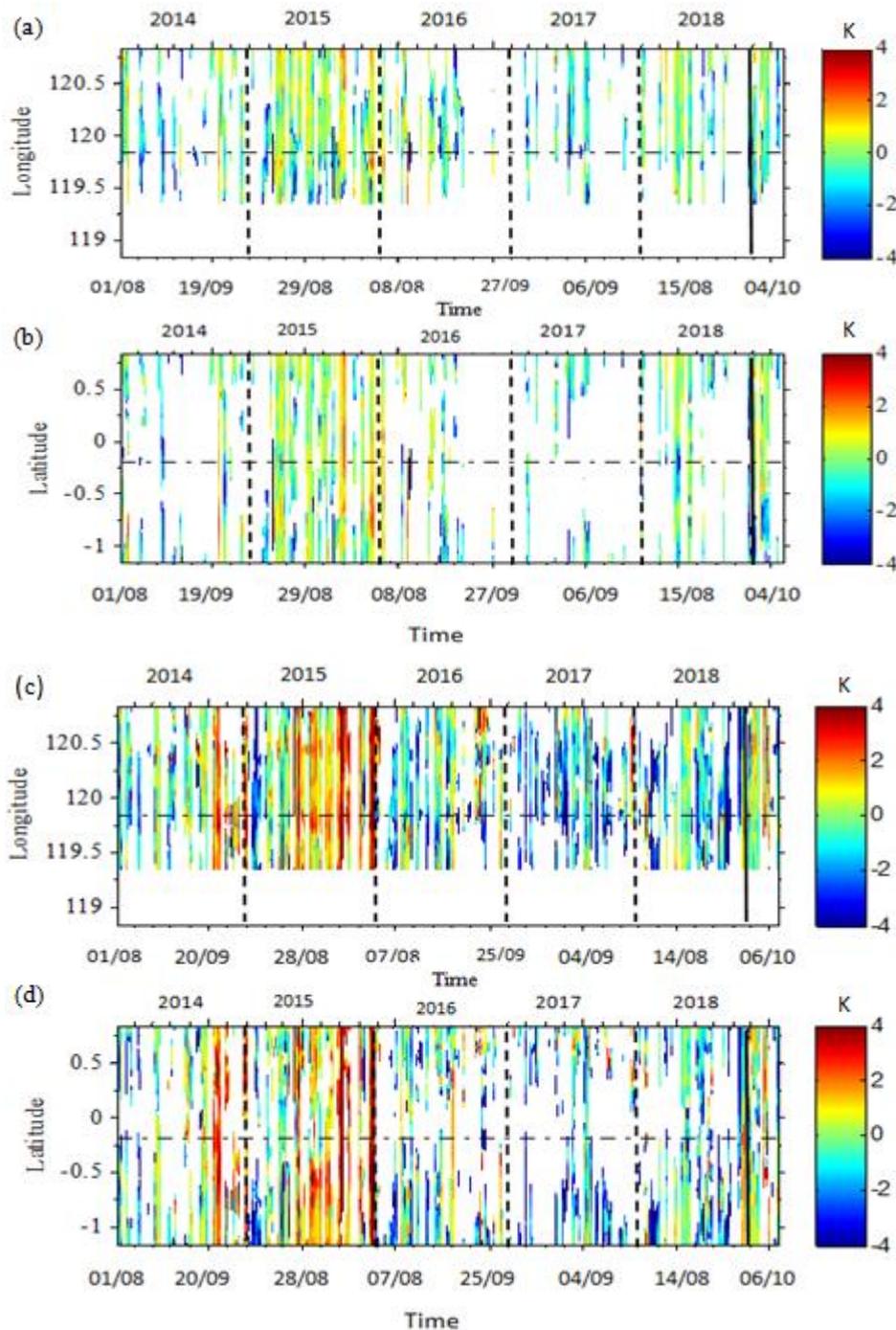
Gambar 1 menunjukkan anomali temperatur atmosfer dari data EMCWF pada tahun 2018 untuk 10 meter di atas permukaan tanah. Anomali temperatur udara selama bulan Agustus-September 2018 adalah negatif yang mengindikasikan terjadi penurunan temperatur termasuk saat gempa pada tanggal 28 September 2018. Hal ini dapat dilihat pada garis vertikal padat dimana tanggal 28 September 2018 nilai anomali temperatur udara $-0,2466$ K. Dengan demikian, jika terjadi kenaikan temperatur permukaan tanah sebelum atau pada saat terjadi gempa, maka hal tersebut bukan disebabkan oleh aktivitas atmosfer melainkan aktivitas gempa.



Gambar 1 Anomali temperatur atmosfer bulan September tahun 2018 dari data EMCWF. Garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa.

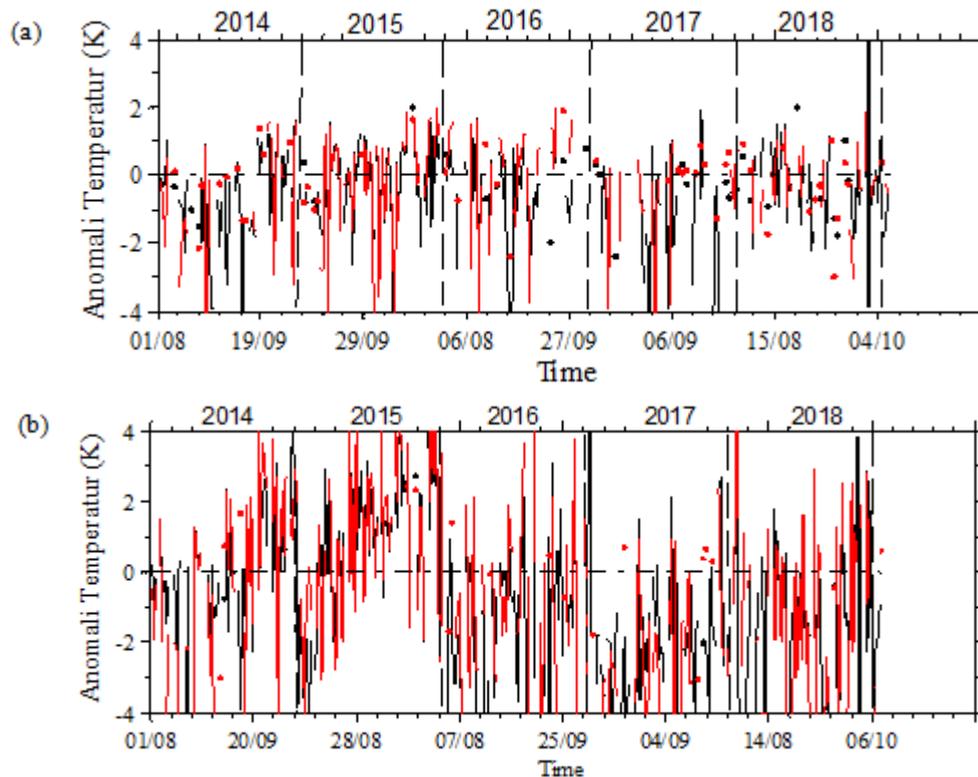
Gambar 2 menunjukkan anomali temperatur permukaan tanah pada waktu siang (Gambar 2a-b) dan malam hari (Gambar 2c-d). Data dirata-ratakan terhadap bujur (*longitude*) $118^\circ 0,5'$ - $120^\circ 0,85'$ BT dan lintang (*latitude*) $-1^\circ 0,20'$ - $-1^\circ 0,20'$ LU sejauh 1° dari episentrum. Beberapa kenaikan temperatur yang cukup tinggi teramati selama tahun 2014-2018. Untuk tahun 2014, kenaikan temperatur tertinggi sekitar 3,9 K teramati dari tanggal 25 September. Tahun 2015 terjadi kenaikan temperatur tertinggi pada tanggal 18 September sekitar 4 K. Kenaikan temperatur selama tahun 2014-2015 melingkupi daerah yang luas yang ditandai dengan luasnya daerah yang berwarna merah (Gambar 2c-d). Pada tahun 2016 nilai anomali tertinggi terjadi pada tanggal 1 Agustus yaitu sekitar 3,5 K, dan

pada tahun 2017 kenaikan temperatur signifikan tidak teramati. Pada saat gempa, nilai anomali permukaan tanah mencapai 2,2 K, hal ini dapat dilihat pada garis vertikal padat (Gambar 2c-d) dan meningkat menjadi 3,0 K setelah gempa.



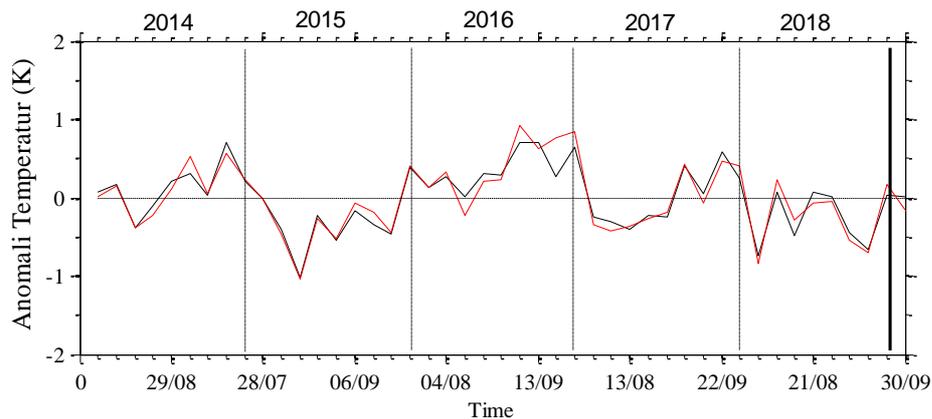
Gambar 2 Anomali temperatur permukaan tanah pada bulan Agustus- September 2014-2018 dari satelit MODIS pada waktu malam yang dirata-ratakan terhadap garis bujur (a) dan garis lintang (b) serta pada waktu siang yang dirata-ratakan terhadap garis bujur (c) dan garis lintang (d). Garis horizontal putus-putus menunjukkan episentrum gempa dan garis vertikal putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa

Untuk melihat perubahan temperatur yang lebih jelas maka nilai anomali dirata-ratakan dalam arah bujur dan lintang untuk *grid* $0,5^\circ$ dan 1° dari episentrum untuk waktu malam (Gambar 3a) dan siang (Gambar 3b). Kedua nilai rata-rata siang dan malam menunjukkan pola yang sama namun dengan nilai anomali temperatur yang berbeda. Perubahan nilai anomali temperatur lebih terlihat jelas pada siang hari (Gambar 3b) dimana nilai tertinggi mencapai 4K pada 2014. Pada saat gempa Palu tanggal 28 September 2018 teramati kenaikan temperatur tertinggi 2,2 K, ini dapat dilihat pada garis vertikal padat. Nilai anomali temperatur juga mengalami peningkatan beberapa hari setelah gempa yaitu sebesar 3 K (Gambar 3.b). Kenaikan temperatur tanah yang signifikan juga teramati pada tahun-tahun yang lain, terutama tahun 2014 dan 2015.



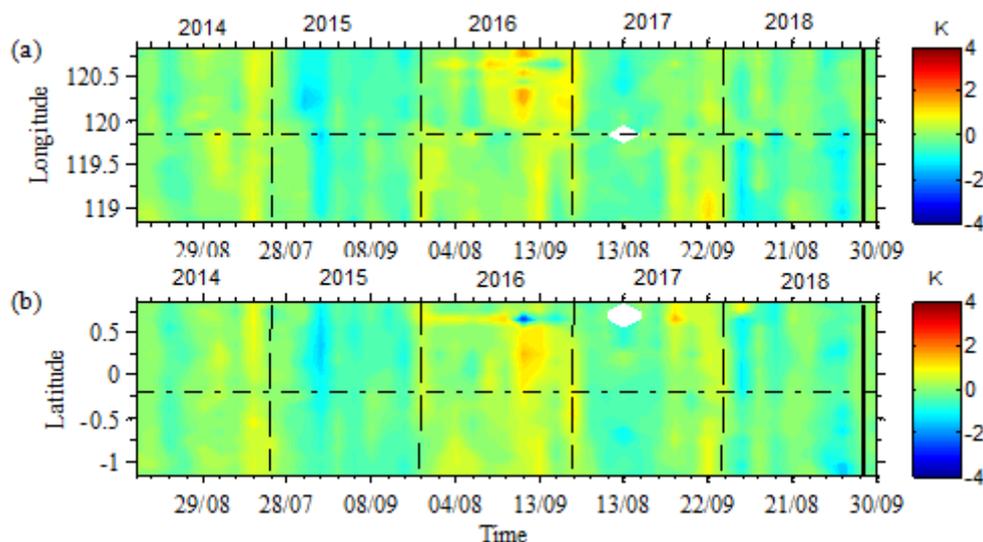
Gambar 3 Anomali temperatur permukaan tanah pada bulan Agustus-September 2014-2018 dari satelit MODIS yang dirata-ratakan pada *grid* $0,5^\circ$ (warna hitam) dan *grid* 1° (warna merah). Garis putus-putus menunjukkan batas tahun dan garis vertikal padat menunjukkan waktu terjadinya gempa..

Gambar 4 menunjukkan anomali permukaan air laut yang diperoleh dari data MODIS. Data yang tersedia dari satelit MODIS untuk temperatur permukaan laut adalah per 8 hari selama tahun 2014-2018. Sebagaimana temperatur tanah, kenaikan dan penurunan temperatur air laut juga teramati setiap tahun (Gambar 4) tetapi nilai anomali temperatur permukaan air laut lebih kecil dari anomali temperatur permukaan tanah. Untuk tahun 2014, anomali tertinggi yaitu 0,75 K teramati pada tanggal 21 September 2014. Untuk tahun 2015 terjadi penurunan temperatur yang ditandai dengan anomali yang negatif. Untuk tahun 2018, anomali secara umum bernilai negatif dan nilai tertinggi teramati pada tanggal 5 Agustus-12 Agustus yaitu 0,25 K. Pada saat gempa 28 September 2018 terjadi kenaikan temperatur 2 K, ini dapat dilihat pada garis vertikal padat.



Gambar 4 Anomali permukaan laut pada bulan Agustus-September 2014-2018 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 28 September 2018.

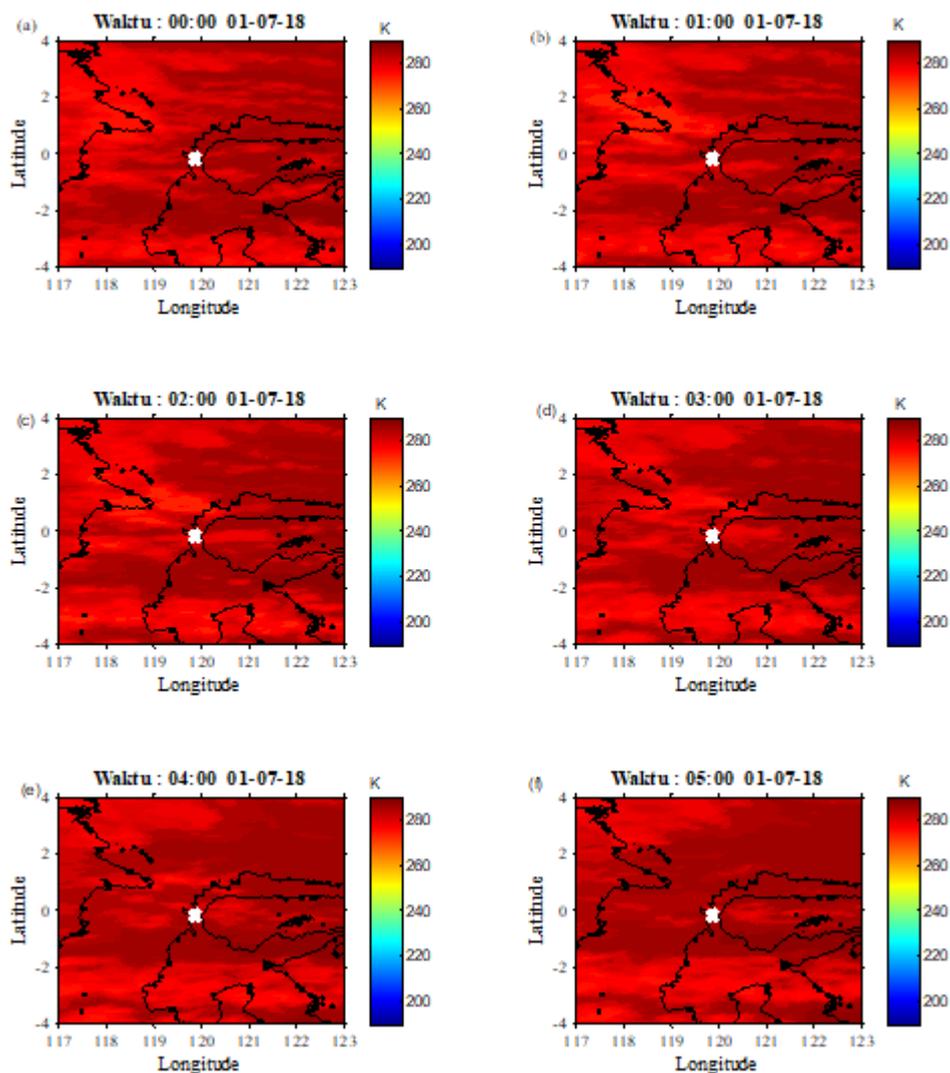
Gambar 5 menunjukkan anomali temperatur permukaan laut pada waktu siang hari. Data dirata-ratakan terhadap *longitude* (bujur) $118^{\circ} 0,5' - 120^{\circ} 0,85'$ BT dan *latitude* (lintang) $-1^{\circ} 0,20' - 1^{\circ} 0,20'$ LU sejauh 1° dari episentrum. Tahun 2018 nilai anomali tertinggi 0,25 K, saat terjadi gempa nilai anomalnya adalah 0,2 K dapat dilihat pada garis padat vertikal. Hal ini masih jauh dari batas nilai sebagai prekursor gempa yaitu 2-4 K .



Gambar 5 Anomali temperatur permukaan laut pada waktu siang yang dirata-ratakan terhadap longitude dan latitude bulan Agustus-September 2014-2018 dari satelit MODIS

3.2 Awan Gempa

Awan gempa diamati dari satelit MTSAT yang dianimasikan selama 3 bulan sebelum gempa (Juli 2018-September 2018). Dari animasi tidak terlihat adanya indikasi kuat tentang kemunculan awan gempa sebelum gempa Palu terjadi (Gambar 6). Pola awan yang berbentuk lurus dengan kepala yang tidak tetap tidak teramati di episentrum gempa Palu. Tidak teramatinya awan gempa Palu kemungkinan karena awan gempa yang mengiringi gempa Palu tidak ada.



Gambar 6 Distribusi spasial awan pada tanggal 1 Juli 2018. Titik putih menunjukkan lokasi episentrum gempa.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menggunakan data temperatur pada Agustus-September 2014-2018 untuk gempa Palu 2018. Pada saat terjadi gempa terjadi kenaikan anomali temperatur permukaan tanah pada siang hari sebesar 2,2 K melebihi batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (> 2 K) tetapi kenaikan anomali temperatur terjadi setiap tahun. Selain itu, untuk anomali permukaan laut hanya 0,25 K masih jauh dari batas nilai sebagai prekursor gempa bumi (> 2 K). Selama penelitian ini, tidak ditemukan juga adanya kemunculan awan gempa sebelum gempa terjadi. Pola awan yang berbentuk lurus dengan kepala yang tetap tidak teramati di episentrum gempa Palu. Dengan demikian, gempa Palu 2018 tidak diiringi oleh kenaikan temperatur permukaan tanah dan air laut serta kemunculan awan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Gou, G.M., "Studying Thermal Anomaly before Earthquake with NCEP Data," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37 Bagian B8 (2008).
- Gou, G.M. dan Wang, B., "Cloud Anomaly before Iran Earthquake," *International Journal of Remote Sensing*, 29(7), hal. 1921-1928 (2008).
- Morozova, L.I., "Dynamics of Cloudy Anomalies above Fracture Regions during Natural and Anthropogenically caused Seismic Activities," *Fisika Zemli*, hal 94-96 (1997)

- Musyafa, M., 2011, "Diskripsi Pengetahuan Mandor Konstruksi dalam Bidang Rekayasa Bngunan Tahan Gempa". *Jurnal Penanggulangan Bencana*, 2(2), hal. 9-14 (2011).
- Ouzonov, D. dan Freund, F., Mid-Infrared Emission Prior to Strong Earthquake Analyzed by Remote Sensing Data, *Advances in Space Research*, 33, hal. 268-273 (2004)
- Pribadi, K.S. dan Yuliawati, A.K., "Pendidikan Siaga Bencana Gempa Bumi sebagai Upaya Meningkatkan Keselamatan Siswa (Studi Kasus Pada SDN Cirateun dan AND Padasuka 2 Kabupaten Bandung)," *Jurnal UPI*, Bandung,2008
- Rahma, M. dan Marzuki, "Pengamatan Anomali Temperatur dan Awan Gempa Yang Mengiringi Gempa Aceh 2004 dan Gempa Sumatera Barat 2007", *Jurnal Fisika Unand*, 2015.
- Saraf, A. K., Rawat, V., Choudhury, S., Dasgupta, S. dan Das, J.M., "Advances In Understanding of the Mechanism for Generation of Earthquake Thermal Precursor Detected by Satellites," *International Juornal of Applied Earth Obersevation and Geoinformation*, 11, hal. 373-379 (2009)
- Sukawi, Z.H., "Bambu Sebagai Alternatif Bahan Bangunan dan Konstruksi di Daerah Rawan Gempa," *Jurnal TERAS*, (2010).
- Sulce, A., "Is Land Surface Temperature an Earthquake Precursor?," *Tesis*, Departement de Lenguajes y Sistemas Informaticos, University Jaume I. Castellon, 2013.
- Socquet, A., Hollingsworth, J., Pathier, E. dan Bouchoun, M., "Evidence of Supershear during the 2018 Magnitude 7,5 Earthquake from Geodesy," *Articles* <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0296-0>, (diakses Juli 2019).