

## Pemanfaatan Data Alos PALSAR Untuk Estimasi Pergerakan Tanah Kota Padang Upaya Mitigasi Bencana Longsor

Husnul Ckhotimah, Mutya Vonnisa, Arif Budiman

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

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 9 Oktober 2019  
Direvisi: 17 Oktober 2019  
Diterima: 23 Oktober 2019

#### Kata kunci:

DInSAR  
Longsor  
Alos PALSAR  
gerakan tanah  
Padang

#### Keywords:

DInSAR  
landslide  
Alos PALSAR  
ground movement  
Padang

#### Penulis Korespondensi:

Husnul Ckhotimah  
Email:  
[husnul.ckhotimah@gmail.com](mailto:husnul.ckhotimah@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi besar pergerakan tanah sebagai faktor pendorong penyebab terjadinya bencana longsor di Kota Padang. Penelitian ini menggunakan data penginderaan jauh yakni data citra ALOS PalSAR tahun 2008 sampai 2009. Metode yang digunakan dalam pengolahan adalah *Differential Interferometry Synthetic Radar* (DInSAR). Metode ini dapat mengamati pergerakan tanah terutama pada daerah perbukitan dengan ketelitian sentimeter. Hasil penelitian menunjukkan besar pergerakan tanah untuk wilayah di Kota Padang berkisar antara 0,33- 3,04 cm/tahun. Dari 11 kecamatan di Kota Padang, lima diantaranya yakni Kecamatan Pauh, Padang Selatan, Bungus Teluk Begalung, Koto Tangah dan Kuranji mengalami pergerakan atau pergeseran tanah yang cukup besar dari kecamatan lainnya yakni berkisar antara 0,825- 2,31 cm/tahun. Besarnya pergerakan tanah tersebut menyebabkan lima kecamatan di atas sering mengalami bencana tanah longsor dengan kategori cukup rawan.

*Research has been conducted to detect the magnitude of land movement as a driving factor for the occurrence of landslides in the city of Padang. This study uses remote sensing data namely ALOS PalSAR image data from 2008 to 2009. The method used in processing is Differential Interferometry Synthetic Radar (DInSAR). This method can observe the movement of the soil, especially in hilly areas with sub-centimeter accuracy. The results showed the amount of land movement for the area in Padang City ranged from 0,33 to 3,04 cm/year. Of the 11 districts in the city of Padang five of them namely the District of Pauh, South Padang, Bungus Teluk Begalung, Koto Tangah and Kuranji experienced substantial land movements or shifts from other districts which ranged from 0,825 to 2,31 cm/year. The magnitude of land movements and the high level of rainfall causes the five districts often experience landslides in quite vulnerable categories.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia sering mengalami bencana hidrometeorologi yaitu bencana yang disebabkan perubahan iklim dan cuaca. Salah satu bencana hidrometeorologi yang sering terjadi di Indonesia yakni longsor. Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan masa batuan atau tanah penyusun lereng. Selama 5 tahun terakhir, tercatat telah terjadi



bencana tanah longsor sebanyak 2,422 dengan 155,451 korban jiwa. Mengingat banyaknya korban jiwa akibat bencana ini, maka longsor dianggap sebagai bencana yang paling mematikan (Badan Nasional Penanggulangan Bencana/BNPB, 2019).

Menurut BNPB (2014), longsor merupakan bencana geologi yang sulit diprediksi, oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan gerakan tanah di suatu daerah berlereng. Di Indonesia sistem pemantauan gerakan tanah baru dikembangkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sejak Januari 2019. Sistem ini berbasis jejaring sensor nirkabel yang bernama LIPI *Wiseland* (*Wireless Sensor for Landslide Monitoring*) atau Sistem Pemantauan Gerakan Tanah Berbasis Jejaring (CNN Indonesia, 2019). Mengingat masih dalam pengembangan sistem ini belum digunakan secara meluas di seluruh Indonesia. Cara lain yang dapat digunakan untuk memantau gerakan tanah di suatu wilayah adalah dengan memanfaatkan perubahan citra satelit wilayah tersebut dari waktu ke waktu. Citra dalam hal ini dikenal sebagai masukan data atau pun hasil observasi dari proses penginderaan jauh atau *remote sensing*.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang memanfaatkan data penginderaan jauh untuk mendeteksi besarnya pergerakan tanah pada suatu wilayah. Rizkinia (2010) melakukan penelitian menentukan besar pergerakan tanah untuk deteksi dini daerah rawan banjir di Jakarta menggunakan pengolahan citra ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dengan sensor PaLSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Radar*). Metode yang digunakan adalah DiNSAR dan Algoritma Log Ratio. Hasil penelitian menunjukkan besar pergerakan muka tanah yang terjadi di Jakarta sejak Januari 2007 hingga November 2008 yakni berkisar antara 5,25 cm/tahun sampai 22,5 cm/tahun dengan rata-rata 10,57 cm/tahun untuk daerah rawan banjir. Hayati (2013) juga menggunakan citra ALOS PaLSAR dari Juni 2007 sampai September 2008 untuk mengetahui besar pergerakan tanah di Semarang dengan metode DiNSAR. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa adanya pergerakan tanah di wilayah Semarang bagian Selatan sebesar 1,00 – 6,00 cm/tahun sebagai indikasi wilayah yang berpotensi longsor. Afif dkk (2018) melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya pergerakan tanah di Pesisir Kecamatan Sayung Demak dalam rentang waktu satu tahun yakni dari tahun 2016 sampai 2017 menggunakan metode ikat IGS dan CORS CSEM berkisar antara -0,057 cm/tahun sampai -15,052 cm/tahun. Hasil penelitian menunjukkan besar pergerakan tanah bernilai negatif, yang menandakan di Pesisir Kecamatan Sayung mengalami penurunan muka tanah menyebabkan daerah penelitian sering mengalami Banjir Rob yakni banjir yang diakibatkan oleh pasangnyanya air laut hingga mengenai daratan.

Kota Padang merupakan salah satu daerah di Sumatera Barat yang sering mengalami bencana tanah longsor. Bencana longsor sudah terjadi sebanyak 61 kali longsor hingga Juni 2018 Dampak yang diakibatkan oleh longsor yang terjadi yakni 18 orang meninggal dan mengalami luka berat, 3,040 mengungsi (BPBD, 2018). Gemilang dkk (2017) melakukan penelitian kerentanan Pesisir terhadap bencana tanah longsor di Bungus Teluk Kabung yang merupakan salah satu kecamatan di Kota Padang menggunakan Metode Storie. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi longsor memang berada pada daerah dengan tingkatan kerentanan tanah sedang hingga rendah. Kerentanan tanah di daerah penelitian dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan litologi atau jenis tanah, serta curah hujan sebagai faktor pemicu terjadinya gerakan tanah. Ditinjau dari letak geografis, curah hujan dan frekuensi kejadian bencana, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) pada tahun 2016 menetapkan bahwa Kota Padang merupakan daerah rawan longsor dalam rentang Menengah–Tinggi (BPBD, 2016). Berdasarkan hal-hal di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang besarnya pergerakan tanah atau lereng sebagai upaya untuk peringatan dini bencana longsor di Kota Padang.

## 2. METODE

### 2.1 Penentuan Laju Pergerakan Tanah Kota Padang

Data yang digunakan berupa data sekunder dari citra satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dengan sensor PaLSAR Level 1.1 milik Jepang yang dihimpun dari situs Alaska Satellite Facility. Data diunduh dari <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>. Daerah penelitian Kota Padang yang berada pada koordinat 0° 44'00" dan 1° 08'35" Lintang Selatan dan antara 100° 05'05" dan 100° 34'09"

Bujur Timur. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data tahun 2008 sampai 2009 dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1** Data citra ALOS PalSAR

No.	Nama Citra	Tanggal perekaman	Tipe Produk
1.	ALOS-H_1_A-ORBIT_ALPSRP126117160	06 Juni 2008	H1.1
2.	ALOS-H_1_A-ORBIT_ALPSRP1932171160	09 September 2009	H1.1
3.	ALOS-H_1_A-ORBIT_ALPSRP146247160	22 Oktober 2008	H1.1
4.	ALOS-H_1_A-ORBIT_ALPSRP199927160	25 Oktober 2009	H1.1

Dimana data akan dikategorikan dalam 2 bagian yakni *Slave* dan *Master*. *Master* merupakan data tahun awal dan *Slave* merupakan data tahun pembandingan setelah data master. Data tersebut nantinya akan diolah dengan *software* SNAP, Snaphu-v1.4.2, Arcgis 10.3. Tahapan pengolahan data dalam SNAP dan Snaphu-v1.4.2.

#### 2.1.1 Koregistrasi

Proses koregistrasi adalah proses untuk mengetahui apakah terdapat kesesuaian antara master dan slave. Tingkat kesesuaian (keidentikan) ditunjukkan dengan nilai koherensi 0 sampai 1.

#### 2.1.2 Interferogram (DInSAR Processing)

Interferogram merupakan penggabungan dari fungsi gelombang dari suatu sumber yang koheren. Tiap pasang data interferogram mengandung *noise* akibat efek atmosfer, dekorelasi temporal, dan masih mengandung unsur topografi. Maka dari itu pada tahap ini dilakukan proses *removal topography* dengan bantuan data DEM SRTM. Kemudian dilakukan tahapan berikut :

#### Penentuan Panjang *Baseline*

Pada tahapan ini dilakukan proses pengecekan posisi orbit antara citra master dan citra slave. Dalam proses pengecekan posisi orbit ini *software* SNAP secara otomatis akan memprogram hitungan jarak *Baseline* antara kedua orbit. Hitungan jarak antara citra master dan slave tegak lurus yang dihasilkan pada kedua citra tersebut harus memenuhi kriteria dalam permodelan InSAR dengan syarat jarak *Baseline* antara kedua citra tidak boleh lebih dari 1 km (Prasetyo dan Janisa, 2010).

#### Penghapusan Topografi (*Topo Phase Removal*)

Bertujuan untuk menghapus efek topografi yang terdapat pada interferogram hasil dari pasangan citra.

#### Nilai Koherensi

Selain fase, nilai koherensi (korelasi) antara kedua citra juga harus diperhitungkan. Batas nilai koherensi hasil dua citra yang digabungkan yaitu antara 0 sampai 1. Jika citra master dan *slave* benar-benar identik, maka  $y = 1$  (koherensi terbesar). Minimal nilai koherensi yang baik yaitu 0,4. Tujuan tahap ini adalah untuk menentukan kualitas pengukuran (misalnya fasa *interferometry*). Fasa yang memiliki nilai koherensi lebih rendah dari 0,4 tidak perlu diperhitungkan pada proses selanjutnya.

#### 2.1.3 Filtering

Tahapan ini bertujuan untuk mereduksi fase *noise*. Pada tahap ini digunakan untuk memfilter data interferometris sehingga menghasilkan informasi tematik dari objek pada permukaan bumi.

#### 2.1.4 Phase unwrapping

Citra hasil dari proses DinSAR ini masih dalam satuan radian (satuan sudut fasa) dalam rentang  $-2\pi$  sampai dengan  $2\pi$ . Untuk mengetahui pergeseran dalam nilai metrik maka digunakan rumus *Displacement of the Earth Surface* sepanjang *Sensor Line of the Sight (LOS)*, yaitu :

$$\Delta r = \frac{\lambda}{4\pi} \Delta\phi \quad (1)$$

dimana  $\lambda$  merupakan panjang gelombang citra PALSAR yaitu 23,62 cm, sedangkan nilai perbedaan phase.

#### 2.1.5 Geocoding

Hasil pergerakan tanah yang didapat pada proses unwwrapping untuk dapat dipetakan maka dilakukan *geocoding*. Tujuan dilakukan *geocoding* yakni pengikatan referensi koordinat. Setelah *geocoding* selesai, dilakukan pengaturan di color manipulation untuk melihat sebaran pegerakan tanah di Kota Padang.

### 2.2 Penentuan Pergerakan Tanah Per Kecamatan di Kota Padang

Selanjutnya akan ditentukan gerakan tanah per kecamatan di Kota Padang melalui pemetaan, untuk mengetahui kecamatan yang rawan terhadap longsor. Dimana hasil olahan data citra ALOS PalSAR menggunakan metode DInSAR pada *software* SNAP dan Snaphu-v1.4.2 akan divisualisasikan menggunakan *software* ArcGIS 10.3. Adapun hasil visualisasi adalah dalam bentuk peta pergerakan tanah Kota Padang. Dari peta tersebut nantinya akan memberikan informasi baru yakni besar pergerakan tanah dalam cm tiap tahun untuk masing-masing kecamatan di Kota Padang.

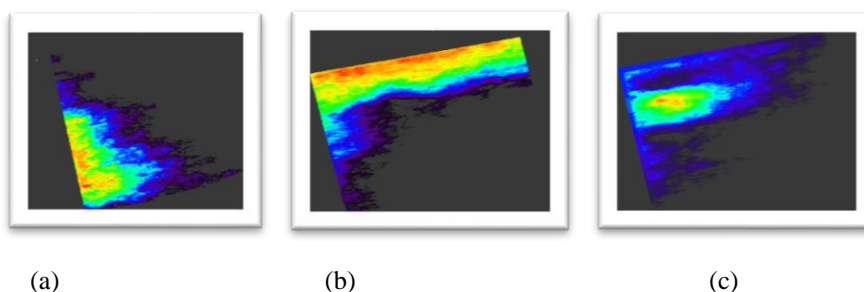
## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Nilai Pergerakan Tanah Kota Padang

Gambar 1 merupakan hasil interferogram yang diperoleh dari gabungan dua data citra yang berbeda. Pada penelitian ini kita menggunakan tiga pasang citra yang berbeda. Tiga pasangan citra yang dibentuk interferogram memiliki panjang *baseline* sebesar 644.40 m (pasangan citra 06 Juni 2008 – 09 September 2009), -458.60 m (pasangan citra 06 Juni 2008 – 22 Oktober 2008), dan 736.96 m (pasangan citra 06 Juni 2008 – 25 Oktober 2009). Panjang *baseline* merupakan faktor terpenting dalam mengukur nilai pergerakan tanah pada metode DInSAR. Semakin panjang nilai *baseline* maka tingkat koherensi citra atau kualitas pengukuran dari citra akan terus menurun. Hal ini dikarenakan semakin jauhnya perbedaan posisi orbit satelit ketika melakukan pengambilan citra, sehingga hasil pengolahan citra akan menunjukkan warna yang kurang jelas. Begitu juga dengan interval waktu perekaman citra yakni semakin kecil jarak interval waktu antara satu pasangan citra maka akan menyebabkan tingginya nilai koherensi pada citra interferogram. Koherensi citra yang tinggi menandakan bagusnya kualitas pengukuran yang dilakukan.

Hasil olahan DInSAR pada daerah lokasi penelitian yakni Kota Padang kemudian divisualisasikan pada *Google Earth*, karena visualisasi dari permukaan tampak lebih nyata jika disatukan langsung dengan terrain melalui warna yang berbeda dengan ukuran *displacement* yang berbeda pula. Tapi hasil olahan DInSAR pasangan citra (c) 06 Juni 2008 dan 25 Oktober 2009 berada tepat di daerah Kota Padang, namun tidak semua data dapat dibaca karena banyaknya *noise*. Hal yang mempengaruhi terjadinya *noise* adalah besar titik geometrik hasil olahan yang dilakukan di SNAP berbeda dari *Google Earth*, maka untuk mengetahui besar pergerakan tanah masing – masing daerah di KotaPadang, *software* ArcGis 10.3 digunakan untuk proses *layout*. Estimasi nilai besar pergerakan tanah untuk wilayah Kota Padang menggunakan metode DInSAR setiap tahun adalah berkisar antara 0,33-3,04cm/tahun. Nilai pergerakan tanah Kota Padang untuk 11 kecamatan di Kota Padang dapat dilihat pada Tabel 3, Kecamatan Pauh, Padang Selatan, Bungus Teluk Begalung, Koto Tengah dan

Kuranji mengalami pergerakan atau pergeseran tanah yang cukup besar dari wilayah lain. Kemudian ke lima kecamatan tersebut bisa dikatakan daerah rawan longsor karena mengalami pergerakan tanah yang cukup besar setiap tahunnya.



**Gambar 1.** Pasangan Citra Hasil Pengolahan SNAP (a) 06 Juni 2008 dan 09 September 2009, (b) Pasangan citra 06 Juni 2008 dan 22 Oktober 2008 dan (c) Pasangan citra 06 Juni 2008 dan 25 Oktober 2009

**Tabel 2** Tingkat Kerentanan terhadap Gerakan Tanah/ Longsor

Pergerakan Tanah (cm/tahun)	Curah Hujan (mm/tahun)	Kemiringan Lereng (m)	Tingkat Kerentanan
< 0,001	< 2.000	<50	Sangat rendah
0,001 -0,016	2.000 – 2.500	50 -100	Rendah
0,016 – 0,081	2.500 – 3.000	100-200	Sedang
0,081 – 0,256	3.000 – 3.500	200-500	Tinggi
>0,256	>35.00	>500	Sangat tinggi

(Puslit Tanah, 2004)

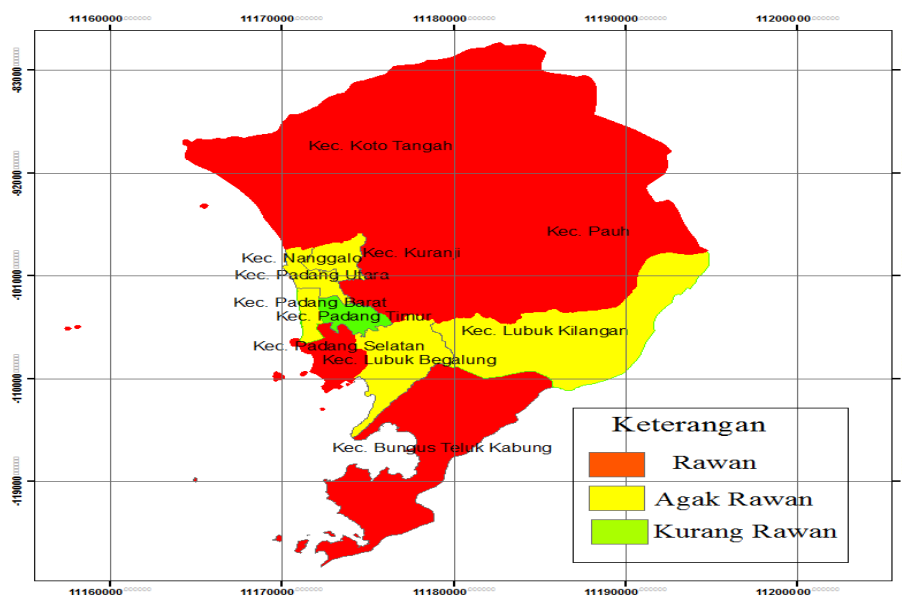
Berdasarkan Tabel 2 indeks tingkat kerawanan terhadap gerakan tanah, curah hujan, kemiringan lereng maka dapat di klasifikasikan tingkat kerawanan longsor yang terjadi di daerah penelitian seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3** Tingkat Kerawanan Longsor per Kecamatan di Kota Padang

Kecamatan	Pergerakan Tanah (cm/tahun)	Curah Hujan (mm/tahun)	Kemiringan Lereng (m)	Tingkat Longsor
Pauh	1.65	2.816,7 - 4.487,9	500 – 3500	Rawan
LubukKilangan	0.66	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Rawan
Padang Selatan	1.32	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Rawan
Padang Timur	0.33	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Aman
Padang Barat	0.66	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Rawan
Padang Utara	0.66	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Rawan
Nanggalo	0.66	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Rawan
Kuranji	0.825	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Rawan
Bungus Teluk Kabung	2.31	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Rawan
Koto Tangah	1.32	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Rawan
Lubuk Begalung	0.66	2.816,7 – 4.487,9	500 – 3500	Cukup Rawan

### 3.2 Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Nilai Pergerakan Nilai Pergerakan Tanah

Daerah rawan longsor dapat ditentukan berdasarkan parameter – parameter yang mempengaruhi dan memicu akan kejadian longsor itu sendiri. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan besar pergerakan tanah, tingkat curah hujan dan kemiringan lereng yang terjadi setiap daerah di Kota Padang. Hasil penelitian menunjukkan lima dari 11 kecamatan di Kota Padang mengalami pergerakan tanah yang cukup besar setiap tahunnya. Secara teori semakin besar tingkat kemiringan tanah atau lereng disuatu wilayah, maka pada umumnya akan semakin menambah kemungkinan terjadinya gerakan tanah pada suatu daerah tersebut. Maksudnya semakin besar pergerakan tanah pada suatu wilayah maka tingkat kestabilan lereng akan semakin menurun yang menyebabkan terjadinya longsor di daerah tersebut (Apriyono, 2009). Jadi dapat disimpulkan berdasarkan penelitian bahwa lima kecamatan di Kota Padang yang mengalami pergerakan tanah atau lereng setiap tahun yakni Kecamatan Pauh 1,65 cm/tahun, Kecamatan Padang Selatan 1,32 cm/tahun, Kecamatan Kuranji 0,825 cm/tahun, Kecamatan Bungus Teluk Kabung 2,31 cm/tahun, dan Kecamatan Koto Tangah 1,32 cm/tahun, beresiko sering mengalami terjadinya longsor di daerah tersebut. Selain besarnya pergerakan tanah yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor untuk masing-masing wilayah di Kota Padang, faktor geologi lain seperti besarnya tingkat curah hujan Kota Padang. Menurut Suryanti (2019) topografi Kota Padang berada pada rentang 500 m – 3500 m yang merupakan wilayah dengan kategori kelerengan yang cukup curam serta tingkat curah hujan yang tinggi rata-rata perkecamatan di Kota Padang sekitar 2.816,7–4.487,9 mm per tahun yang menyebabkan sering terjadinya longsor (Puslit Tanah, 2004). Dari faktor tersebut maka peta untuk tingkat kerawanan longsor di Kota Padang dapat dikelompokkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Tingkat Kerawanan Longsor Kota Padang

Wilayah yang berada zona warna merah merupakan daerah dengan tingkat kerawanan longsor yang tinggi dikarenakan besarnya pergerakan tanah yang terjadi, tingkat kelerengan yang curam dan curah hujan yang cukup tinggi diantaranya berada di Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Kuranji, Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kecamatan Pauh, dan Kecamatan Koto Tangah. Salah satu kejadian bencana tanah longsor yang terjadi tahun 2012 di Kec. Pauh (Desa Lambung Bukit), kejadian bencana menyebabkan 29 rumah warga rusak berat, 103 rusak ringan, 4 orang meninggal dan 3,040 warga yang harus diungsikan (BNPB, 2012).

Wilayah yang berada pada zona kuning merupakan daerah dengan kategori cukup rawan terhadap longsor karena tingkat pergerakan tanah sedang yakni 0,66 cm/tahun, diantaranya Kecamatan Lubuk Kilangan, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Nanggalo, dan

Kecamatan Lubuk Begalung. Salah satu kejadian longsor yang terjadi yakni tahun 2010 berdasarkan rekap data kejadian bencana longsor oleh BNPB di Kec. Lubuk Begalung (Desa Gaung) yang menyebabkan 23 rumah warga rusak berat, 20 rusak sedang dan 10 rusak ringan serta tidak ada korban. Sedangkan untuk daerah yang berada pada zona hijau yakni Kecamatan Padang Timur merupakan daerah yang cukup aman karena sangat jarang terjadinya longsor, dimana dalam 10 tahun terakhir berdasarkan rekapitulasi kejadian bencana belum adanya longsor yang terjadi pada daerah ini.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya pergerakan tanah di wilayah Kota Padang dengan kelajuan antara 0,33 – 3,04 cm/tahun hal ini mengidentifikasi Padang merupakan wilayah yang berpotensi longsor. Kecamatan Pauh, Padang Selatan, Kuranji, Bungus Teluk Kabung, dan Koto Tangah merupakan wilayah yang terdeteksi mengalami pergerakan tanah terbesar berkisar antara 0,825 cm/tahun – 2,31 cm/tahun. Kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian dipengaruhi oleh tingkat kelerengan yang curam yakni 500 m – 3000 m, serta curah hujan yang tinggi berkisar antara 2.816,7–4.487,9 mm/tahun sebagai faktor pemicu terjadinya longsor. Pengetahuan tentang gerakan tanah ini dapat bermanfaat sebagai masukan pada rencana tata ruang daerah dan upaya mitigasi bencana longsor di Kota Padang.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kemenristekdikti yang telah membiayai penelitian ini. Terimakasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Bumi, Universitas Andalas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afif, M., Bambang D.Y., Moehammad A., Studi Penurunan Tanah Longsor Periode 2016-2017 Menggunakan GAMIT 10.6 (Studi Kasus: Pesisir Kecamatan Sayung, Demak), (Universitas Diponegoro, *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1) hal 46-56 (2018).
- Apriyono, A., Analisa Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara, Universitas Soedirman, *Dinamika Rekeyasa*, 5(1) hal 14-18 (2009).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Data Bencana, <http://www.bnpb.go.id/data-bencana/lihat-data-diakses-Januari-2019>, 2019.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Data Bencana, <http://www.bnpb.go.id> diakses Januari 2019 (2014).
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Data Bencana, [http://bnpb.cloud/dibi/xdibi\\_list](http://bnpb.cloud/dibi/xdibi_list), diakses September 2019 (2012).
- CNN Indonesia, 2019, <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20190102210036-199-358065/lipi-kembangkan-sistem-pendeteksi-tanah-longsor>, diakses September 2019.
- Hayati, N., Interpretasi Bencana Tanah Longsor Menggunakan Data Citra ALOS PalSAR (Studi Kasus Kota Semarang, Jawa Tengah), *Tesis*, ITS, Indonesia (2013).
- Gemilang, A. W., Semeide H., Ulung J. W., Gunardi, K., Kerentanan Pesisir terhadap Bencana Tanah Longsor di Bungus, Sumatera Barat dan sekitarnya menggunakan Metode Storie, *Jurnal Geosaintek*, 3(1), hal 37-44 (2017).
- Puslit Tanah, Klasifikasi Intensitas Curah Hujan, Bogor (2004).
- Prasetyo, Y., Janisa A., Penerapan Teknik Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) Untuk Kajian Pemantauan dan Pengukuran Muka Tanah (Study Kasus : Lembang Bandung). Forum Ilmiah Ikatan Surveyor Indonesia, Pekanbaru 10-11 NOVEMBER (2010).
- Rizkinia, M., Pengolahan Citra ALOS PalSAR dengan metode DinSAR dan Log Ratio untuk Deteksi Dini Daerah Rawan Banjir di Jakarta berdasarkan Penurunan Muka Tanah (PMT), *Tesis*, FT UI (2010).
- Suryanti, K., Mekanisme Variasi Dijurnal Curah Hujan di Sumatera Barat, *Tesis*, UNAND (2019)