

# Kajian Parametrik Metode Satelit untuk Mitigasi Bencana Alam

---

BAGAS ARYASETA, S.T., M.S.



Nama : Bagas Aryaseta, S.T., M.S.

TTL : Tulungagung, 25/12/1993

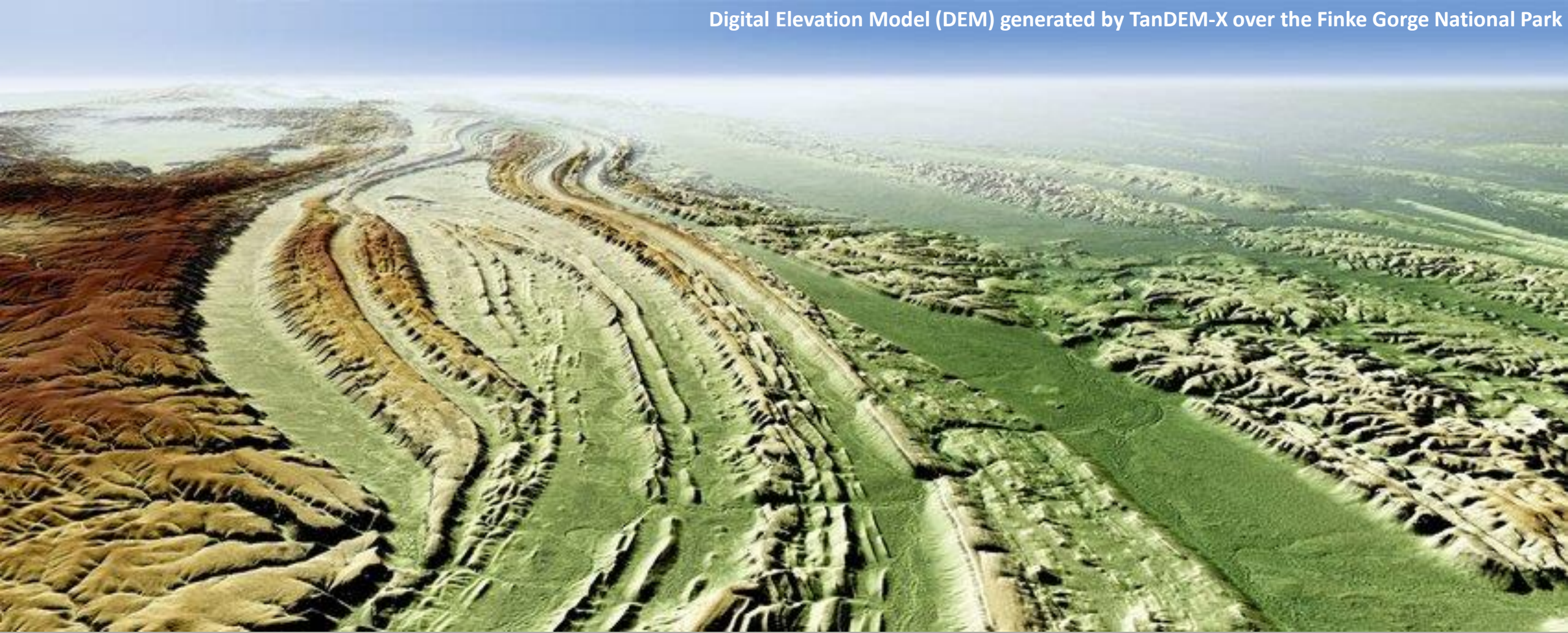
Pendidikan

- 2012-2017 : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
  - Tugas akhir : “Dentifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Induced Polarization: Studi Kasus Daerah Surabaya Timur”
- 2017-2019 : National Cheng Kung University
  - Tugas akhir : “Parametric Study of InSAR SBAS Method for Measuring Precursory Ground Movement”

Bidang Minat : Near Surface Geophysics & Enviromental Geophysics

# Outline

1. Pengenalan Dasar Penginderaan Jauh dan Satelit
2. Aplikasi Satelit untuk Mitigasi Bencana
  - Gunung Berapi
  - Gempa Bumi
3. Kajian Parametrik Metode Satelit untuk Mitigasi Bencana Alam



# 1. Pengenalan Dasar Penginderaan Jauh dan Satelit



# Apa itu remote sensing?

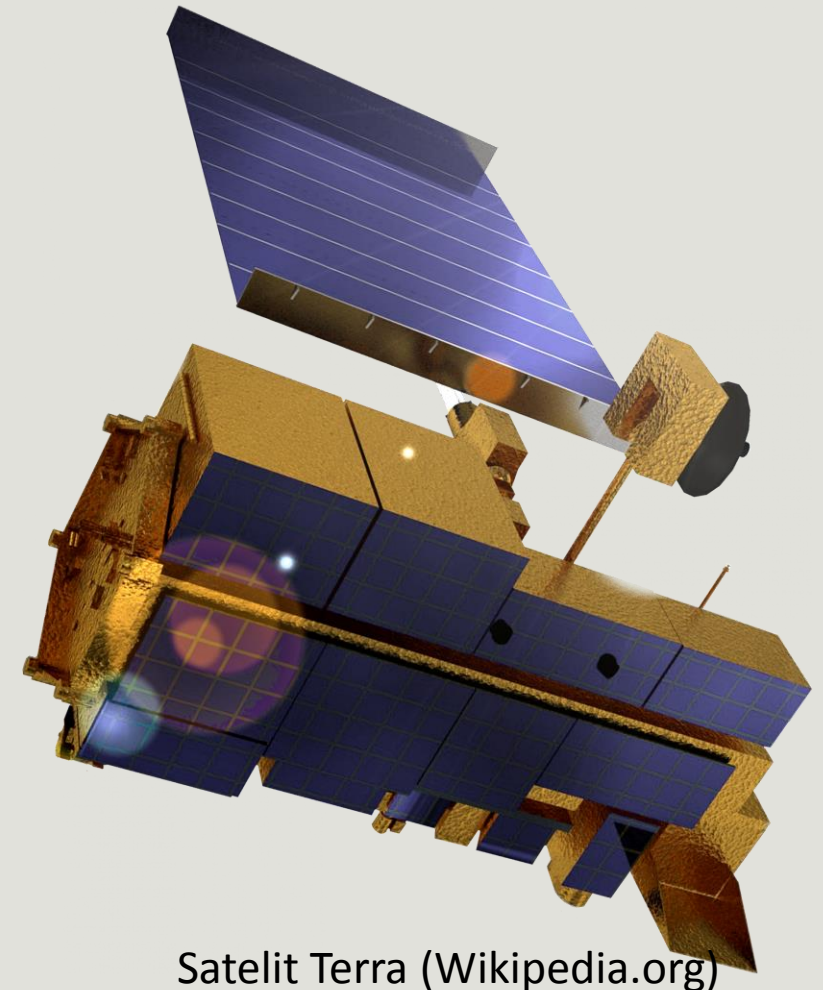
Remote sensing atau penginderaan jauh adalah suatu proses menerima informasi tentang suatu objek dari jarak jauh (biasanya dari satelit ataupun pesawat)

Remote sensing berguna untuk mendeteksi atau memantau karakteristik fisik suatu daerah.

Pertanyaannya adalah:

Apa informasi yang anda butuhkan?

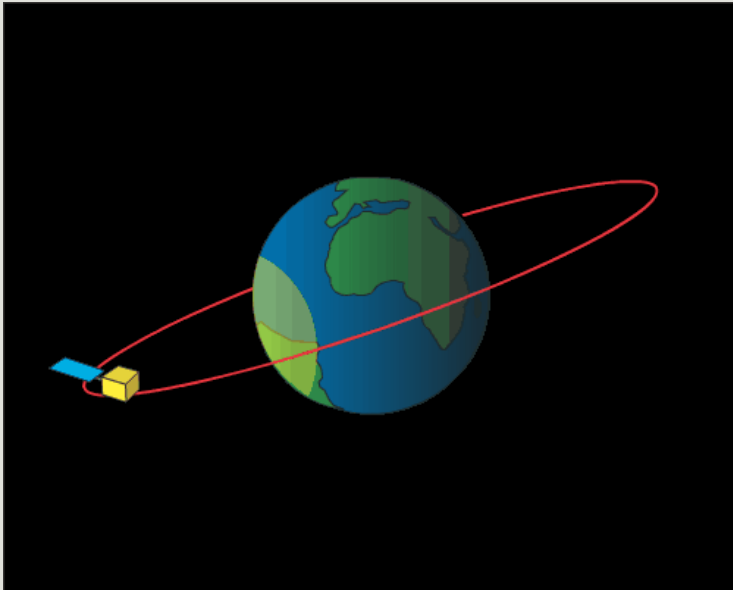
Seberapa sering anda membutuhkan data?



Satelit Terra (Wikipedia.org)

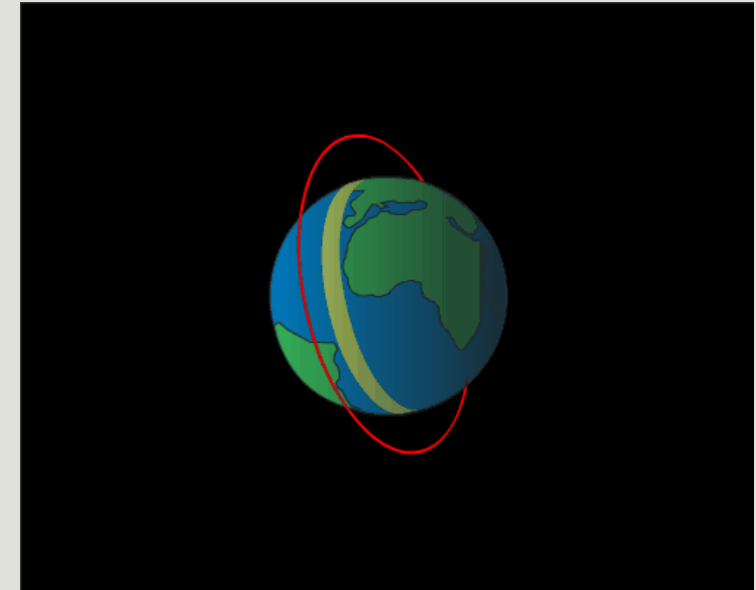
# Satelit dan Orbit-nya

---



## Geostationary

Beberapa pengamatan per hari  
Cakupan spasial terbatas (selalu pada area yang sama)  
Contoh: Satelit cuaca atau komunikasi



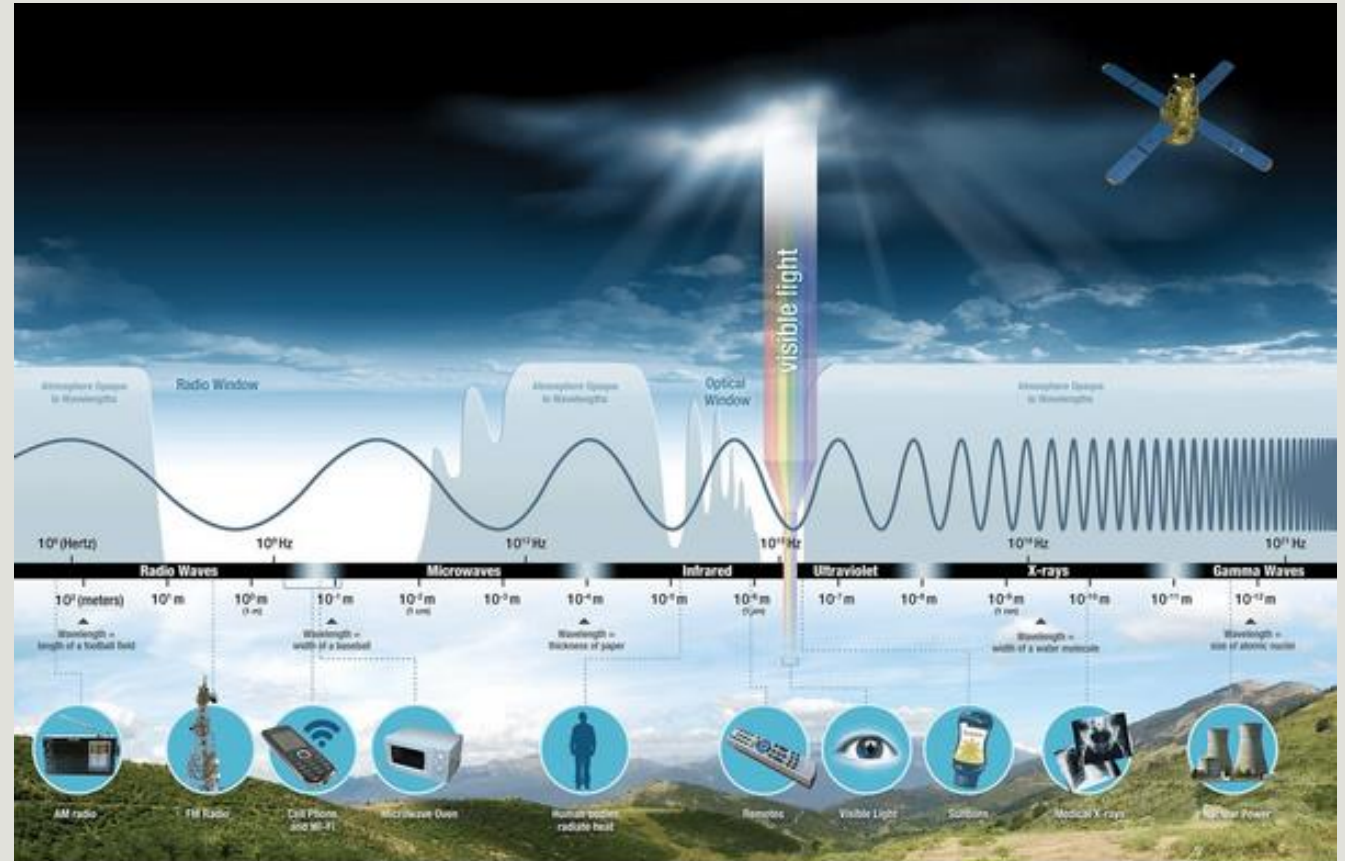
## Low Earth Orbit - Polar Orbiting

Pengukuran yang lebih jarang  
Cakupan spasial (global) yang besar  
Contoh: Landsat, Terra, Sentinel

# Satelit dan Sensor-nya

Satelit membawa instrument yang dinamakan sensor. Sensor berguna untuk mengukur radiasi elektromagnetik

Radiasi elektromagnetik adalah energi yang diterima oleh Bumi dari pancaran sinar matahari. Radiasi tersebut dipantulkan, diserap, dan dipancarkan oleh atmosfer maupun permukaan bumi.



([appliedsciences.nasa.gov](http://appliedsciences.nasa.gov))

# Sensor Pasif vs Aktif

Ada dua tipe sensor, yaitu sensor pasif dan aktif

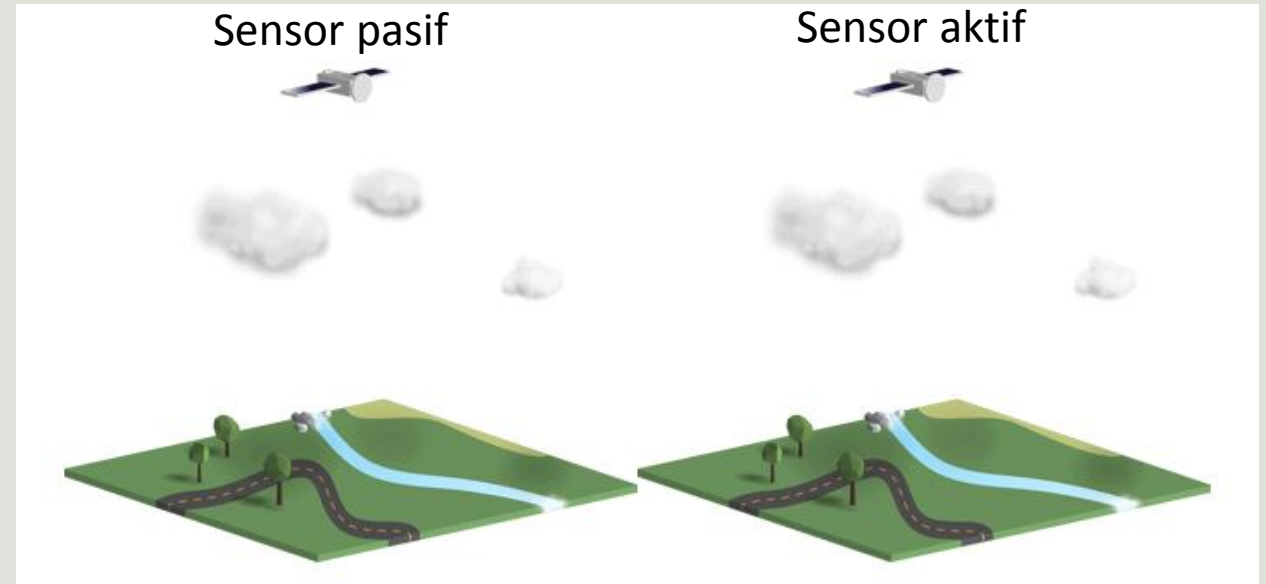
Sensor pasif: bergantung pada perubahan gravitasi maupun radiasi yang dipantulkan dari Bumi.

Contoh:

- Satelit Grace Follow-On untuk mengukur perubahan gravitasi di Bumi.
- Satelit Landsat, sensor MODIS pada satelit Terra & Aqua, sensor AIRS pada satelit Aqua. Semuanya bergantung pada radiasi yang dipantulkan dan dipancarkan dari Bumi

Sensor aktif: satelit menembakkan sinar radiasi dan mengukurnya kembali.

- Contoh: Radar pada satelit Sentinel-1A



([appliedsciences.nasa.gov](http://appliedsciences.nasa.gov))





(M. Patrick/U.S. Geological Survey)

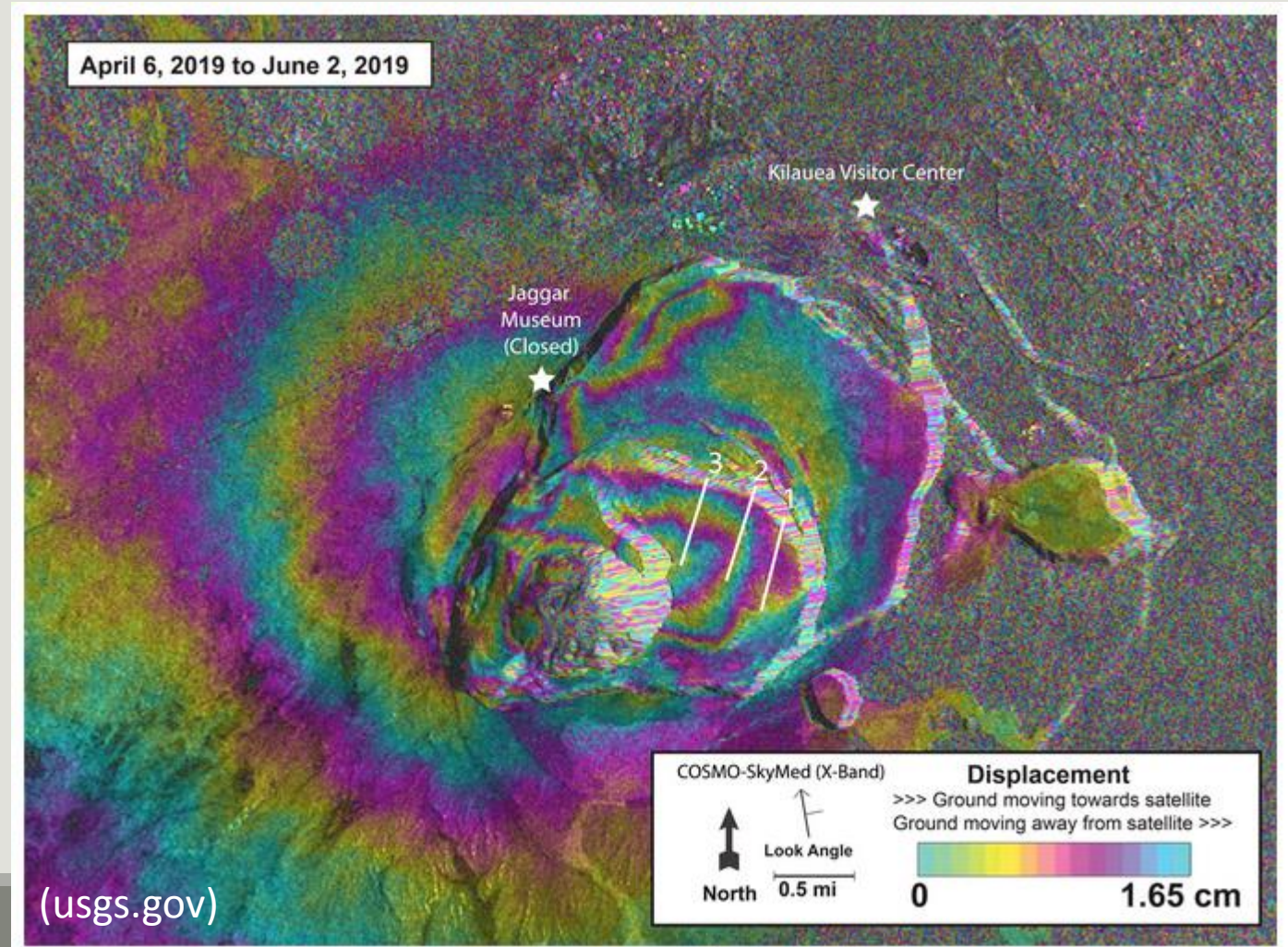
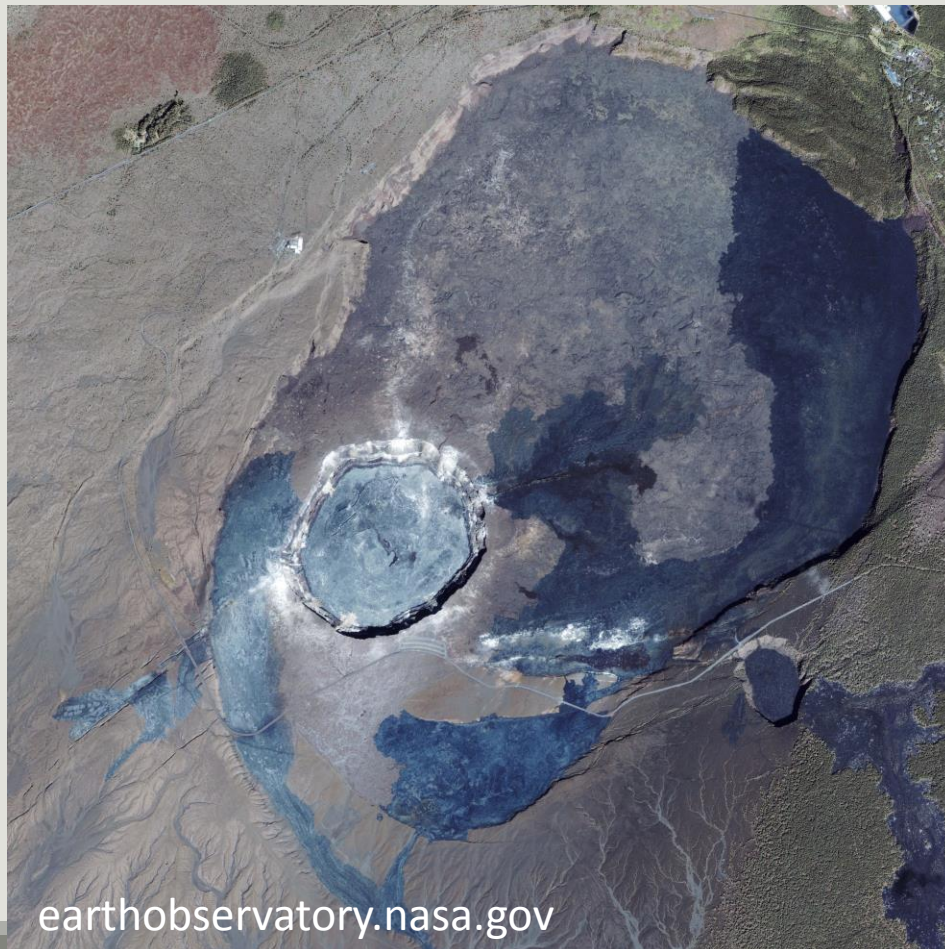
## 2. Aplikasi Satelit Untuk Mitigasi Bencana



# Monitoring Aktivitas Gunung Berapi

## Pre Eruption Deformation Monitoring

### Monitoring Kaldera Gunung Kilauea, Hawaii (2019)

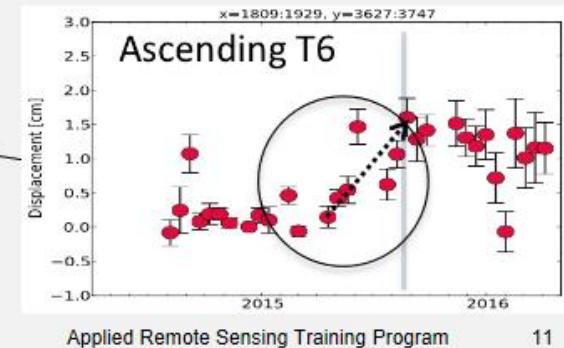
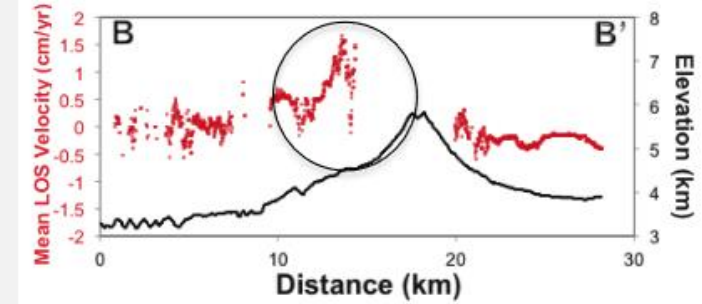
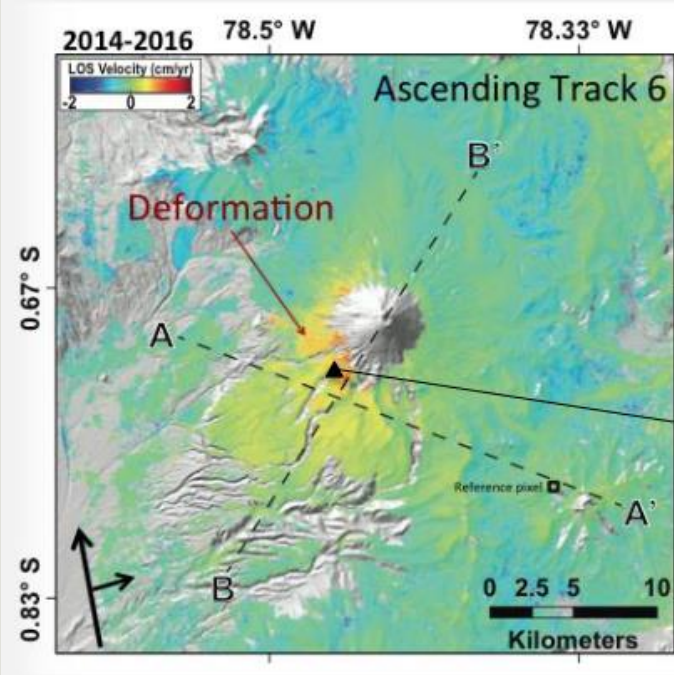
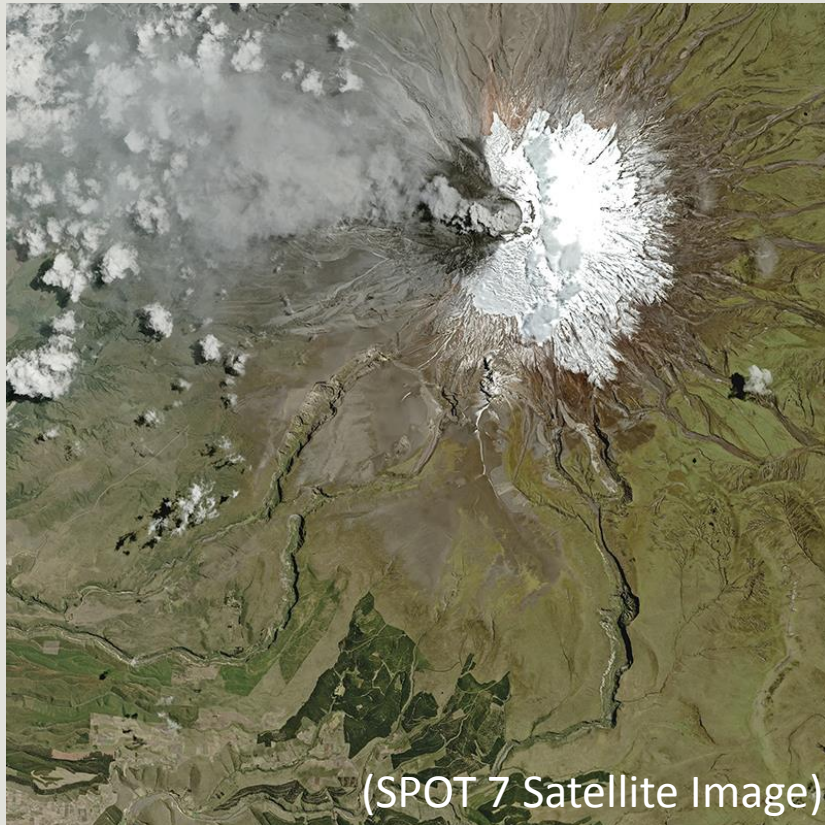




# Monitoring Aktivitas Gunung Berapi

## Pre Eruption Deformation Monitoring

### Monitoring Gunung Catopaxi, Ekuador (2016)

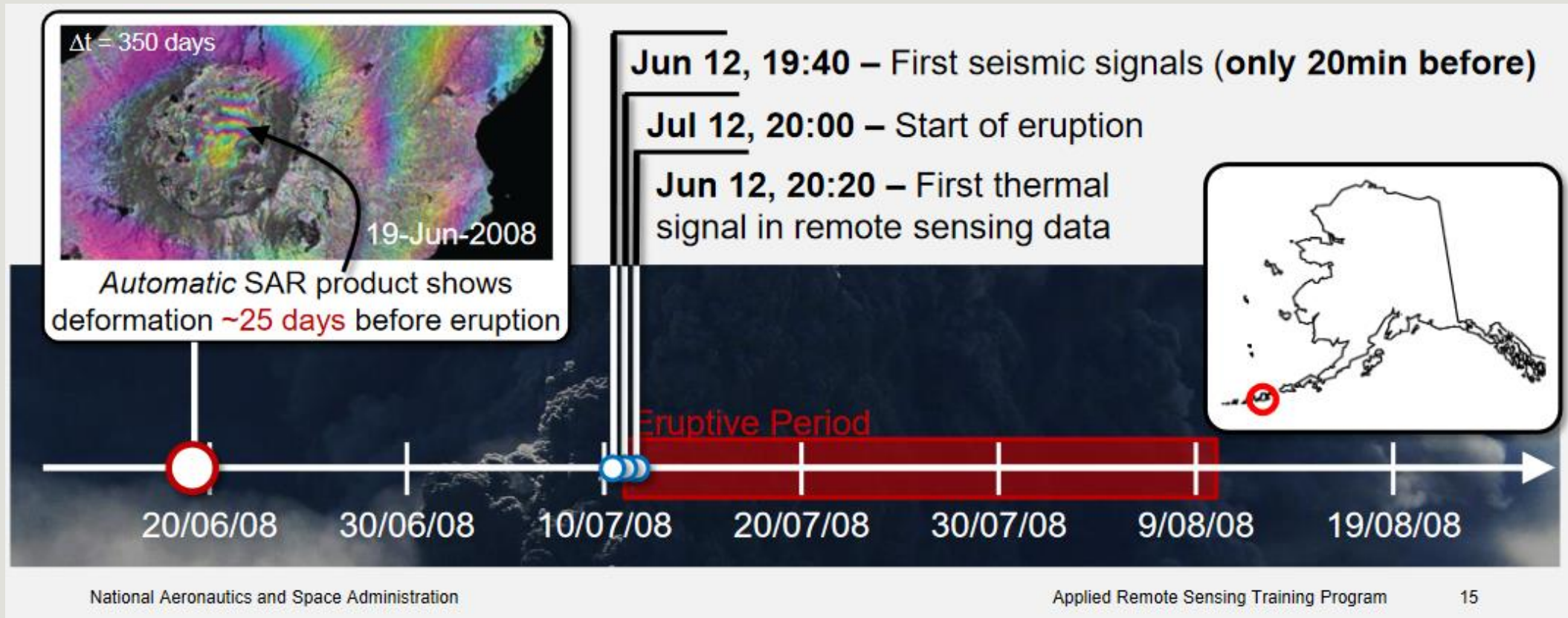


(Dr. Falk Amelung, University of Miami)

# Monitoring Aktivitas Gunung Berapi

## Pre Eruption Deformation Monitoring

### Erupsi Gunung Okmok (2008)

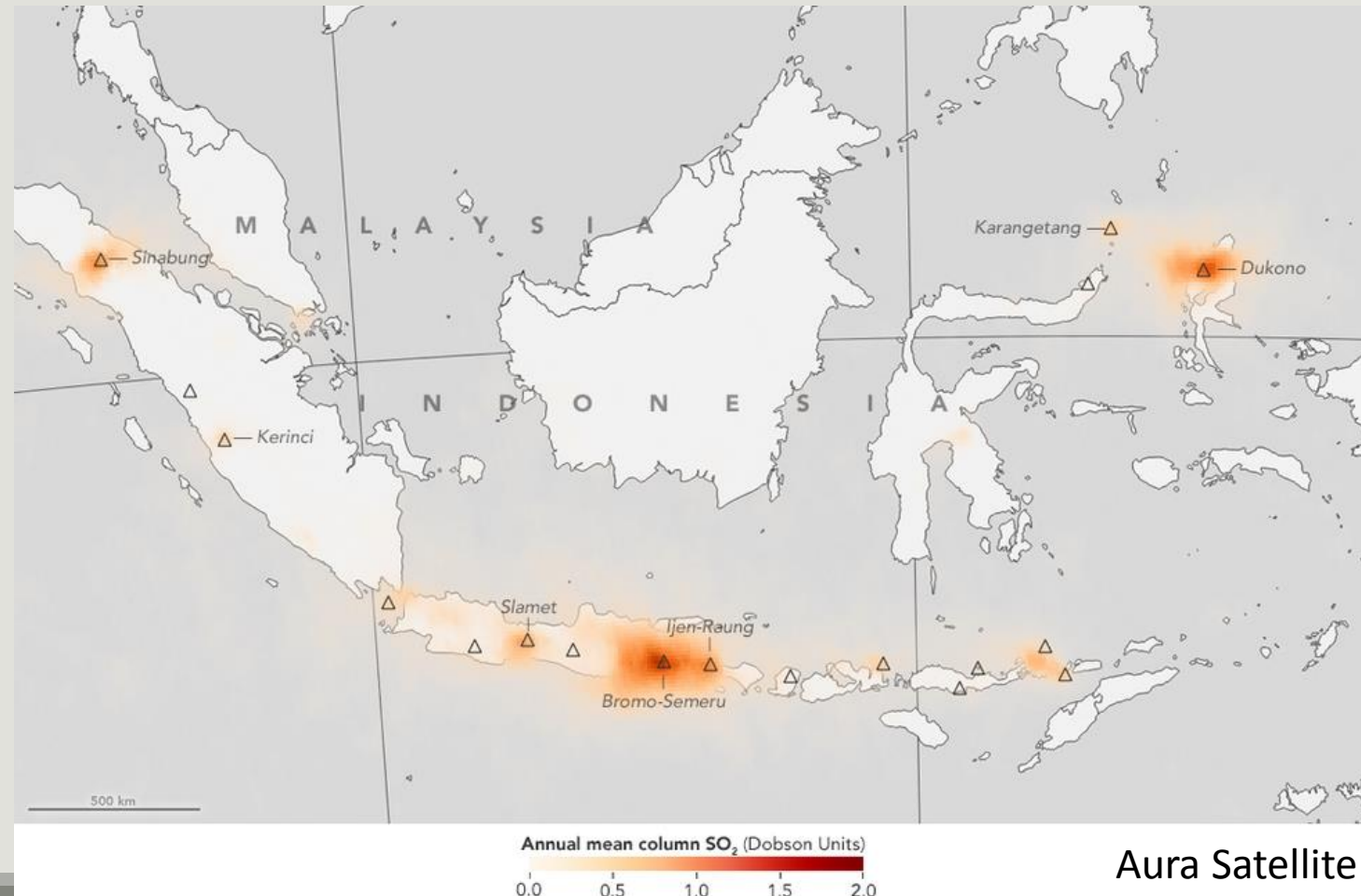




# Monitoring Aktivitas Gunung Berapi

## Vulcanic Emission Monitoring

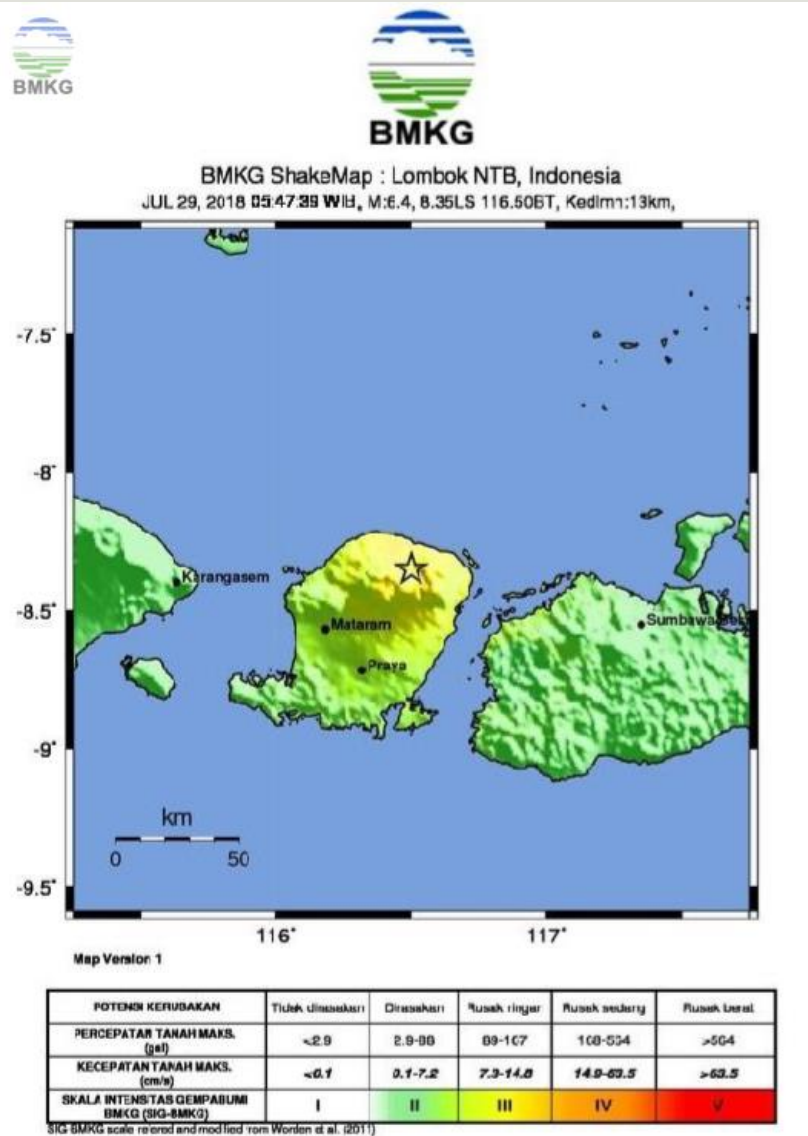
Emisi Vulkanik Gunung Api di Indonesia yang Terdeteksi Melalui Satelit



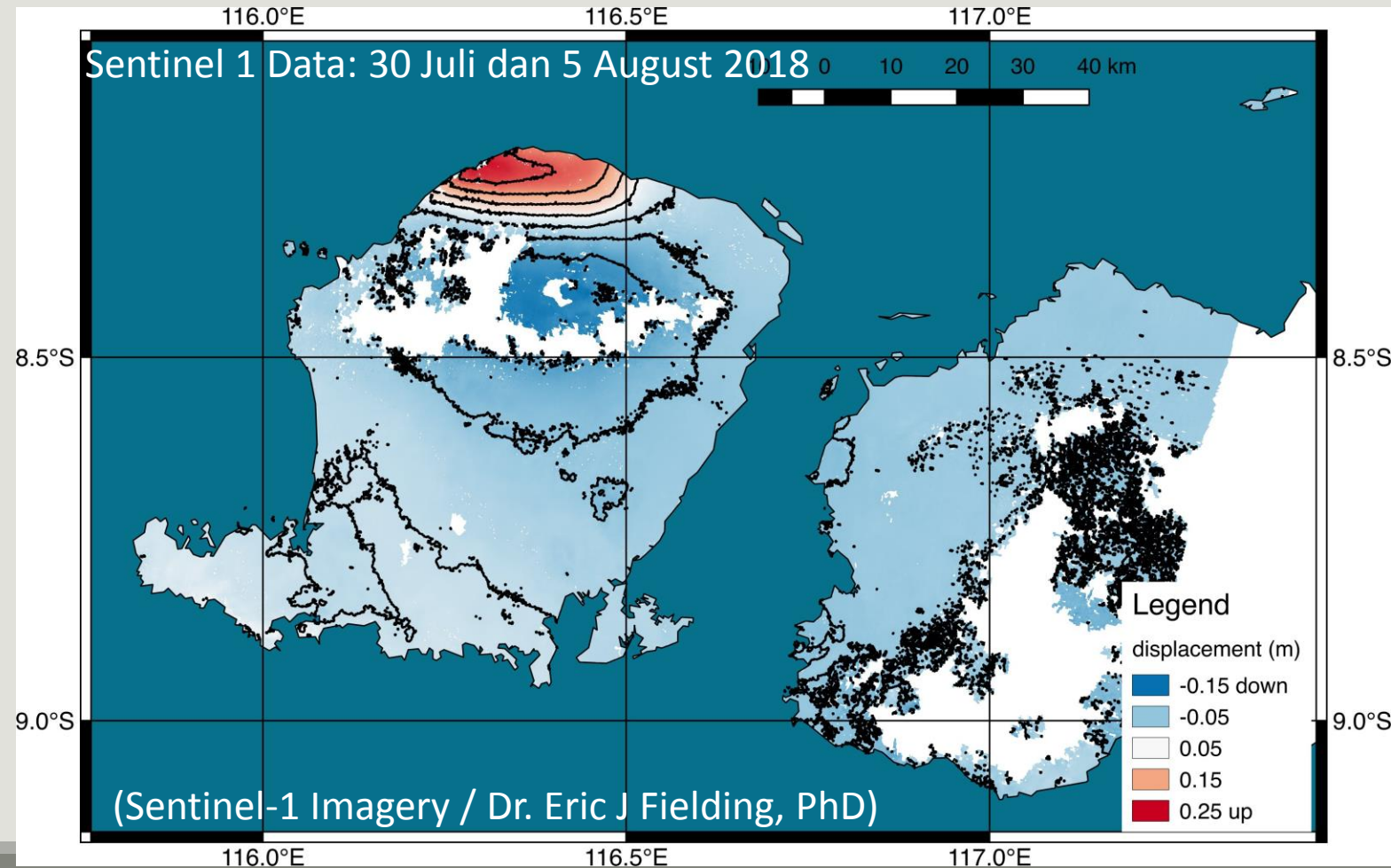


# Monitoring Gempa Bumi

After the Earthquake Deformation



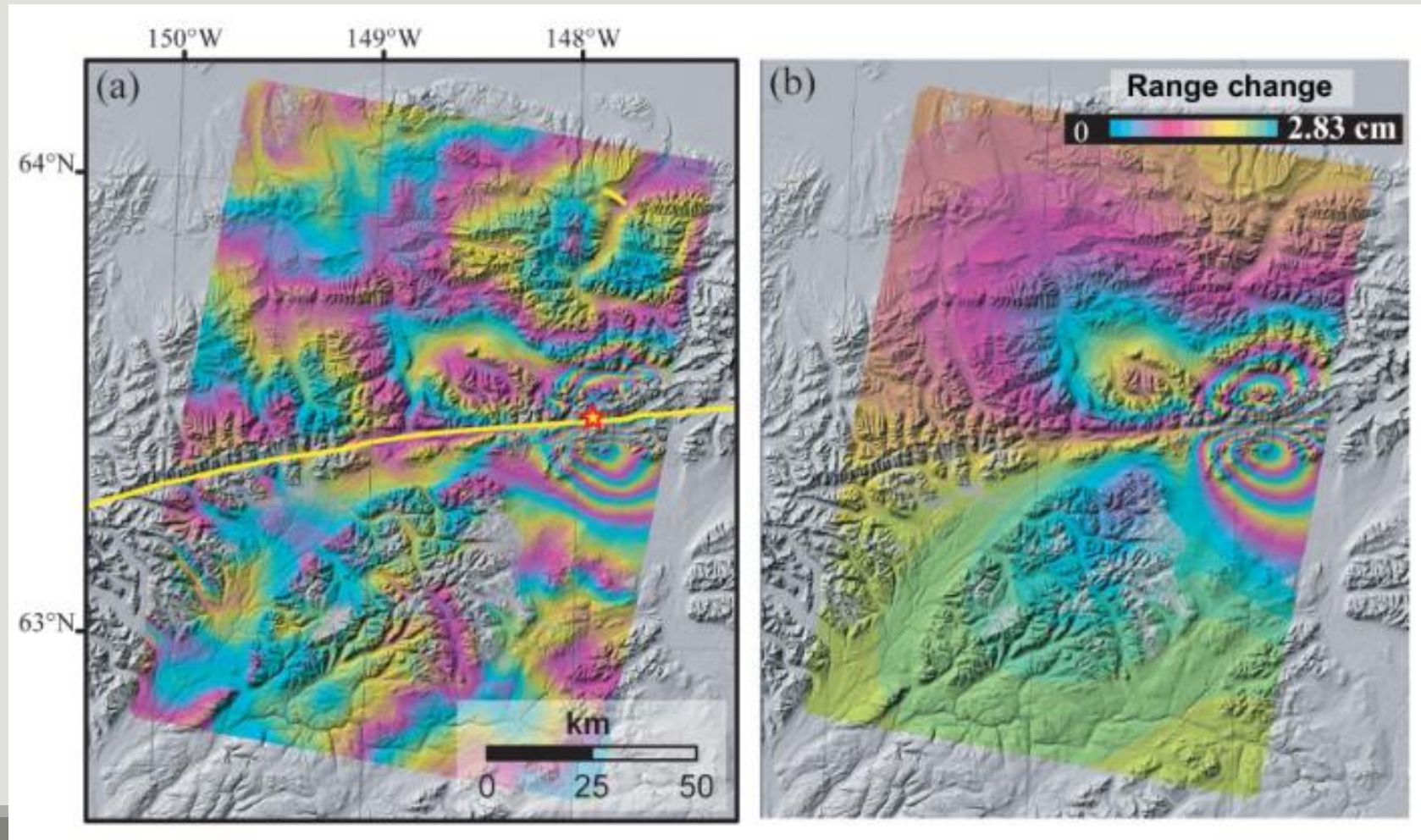
Gempa Lombok M6.4 (5 Agustus 2018)



# Monitoring Gempa Bumi

## After the Earthquake Deformation

M6.7 Nenana Mountain earthquake along the Denali Fault, Alaska (23 Oktober 2002)



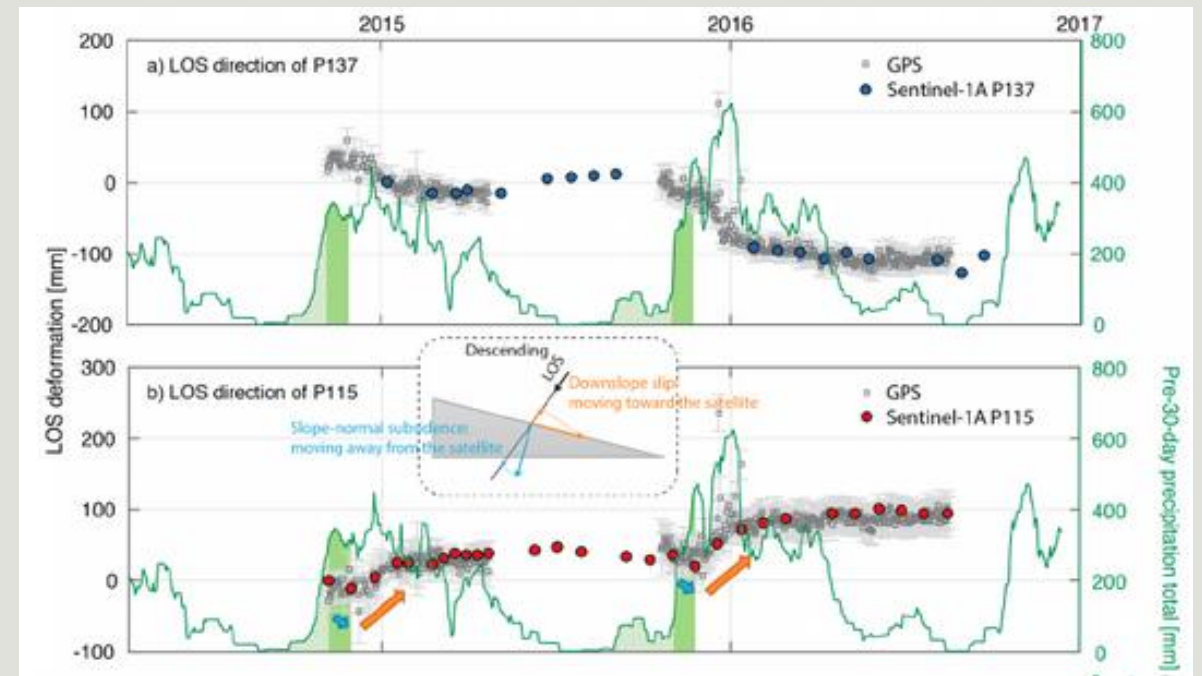
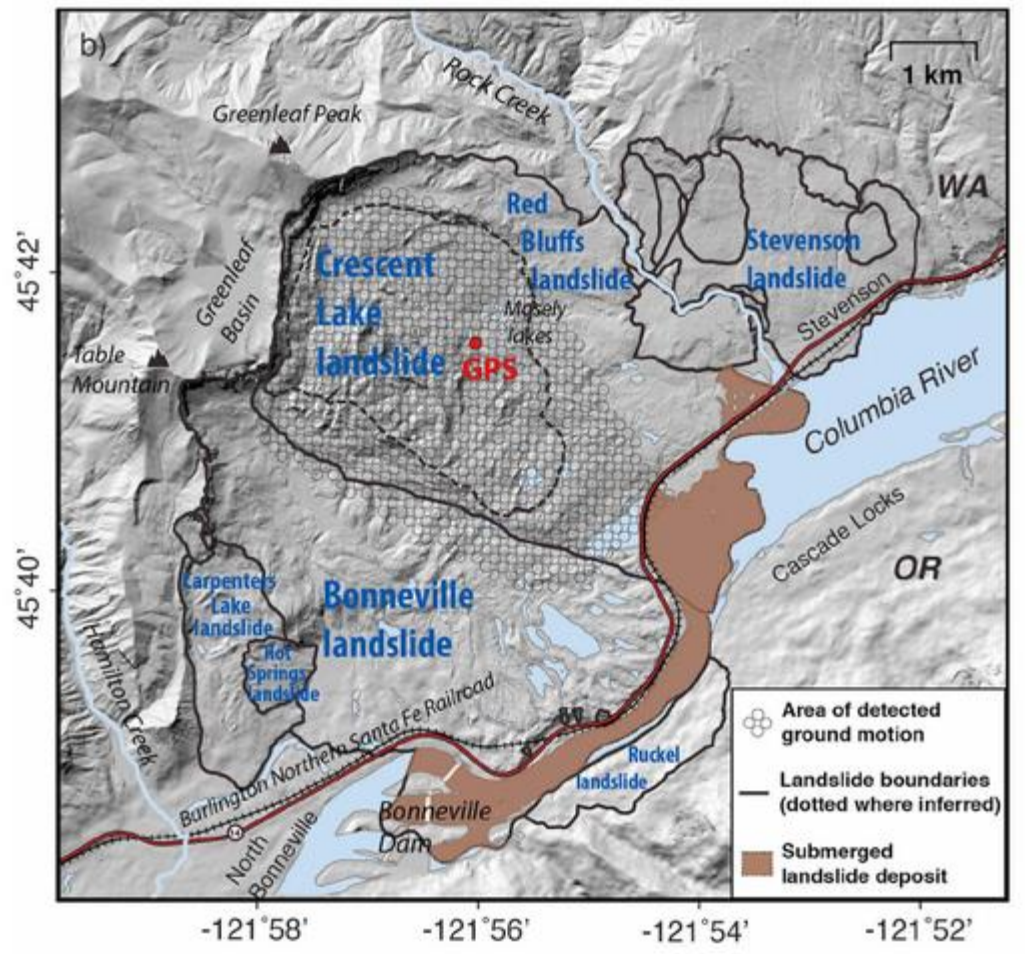
Radarsat-1 InSAR image (16 August & 27 October 2002)



# Monitoring Tanah Longsor

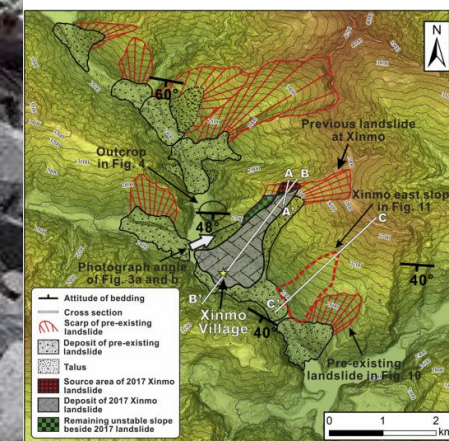
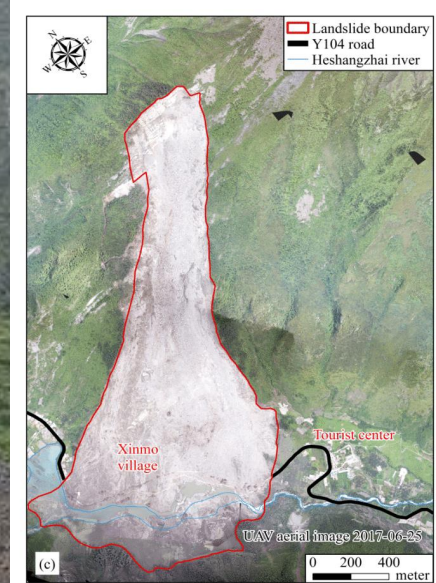
## Precursory Ground Movement

Longsor Crescent Lake, Columbia (2015-2017 Monitoring)



Displacement Timeseries generated from Sentinel-1 InSAR





### 3. Kajian Parametrik Metode Satelit untuk Mitigasi Bencana Alam

# **Parametric Study of InSAR SBAS Method for Measuring Precursory Ground Movement**

---

NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY

# Pendahuluan

---

- ❖ Pergerakan tanah minor (sangat halus) misal mm per tahun mengakibatkan pergerakan tanah besar
- ❖ Perlu pemahaman proses pergerakan tanah untuk mitigasi kerusakan yang besar
- ❖ Metode *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR) dapat digunakan untuk memantau pergerakan tanah dengan akurat (Hanssen, 2005).
- ❖ Namun, aplikasi teknik InSAR memiliki ketidakpastian cukup tinggi. Oleh karena itu, perlu studi tentang parameter-parameter InSAR



# Metode

---

## Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR)

SAR terdiri dari informasi amplitudo kompleks dan fase gelombang dengan perbedaan fase dalam interferensi dua gelombang radar yang diterima. Teknik DInSAR (Differential InSAR) berfokus pada fase displacement dengan menghilangkan semua kontribusi fase lainnya. (Rosen, et al., 2000; Berardino, Fornaro, Lanari, & Sansosti, 2002)

Fase interferometri dari dua citra SAR:

$$\phi = \phi^{flat} + \phi^{topo} + \phi^{disp} + \phi^{atm} + \phi^{orbit} + \phi^{noise}$$

Dimana:

$\phi^{flat}$  = fase *flat earth*,

$\phi^{topo}$  = fase topografi,

$\phi^{disp}$  = fase *displacement*,

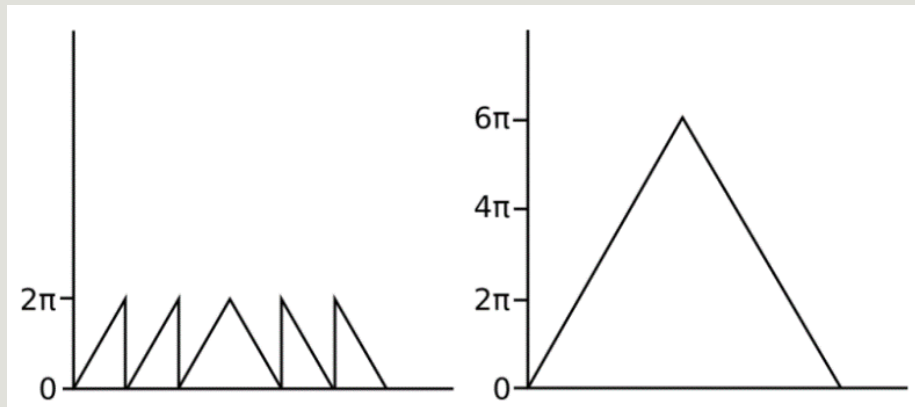
$\phi^{atm}$  = fase atmosfer,

$\phi^{orbit}$  = fase orbit platform,

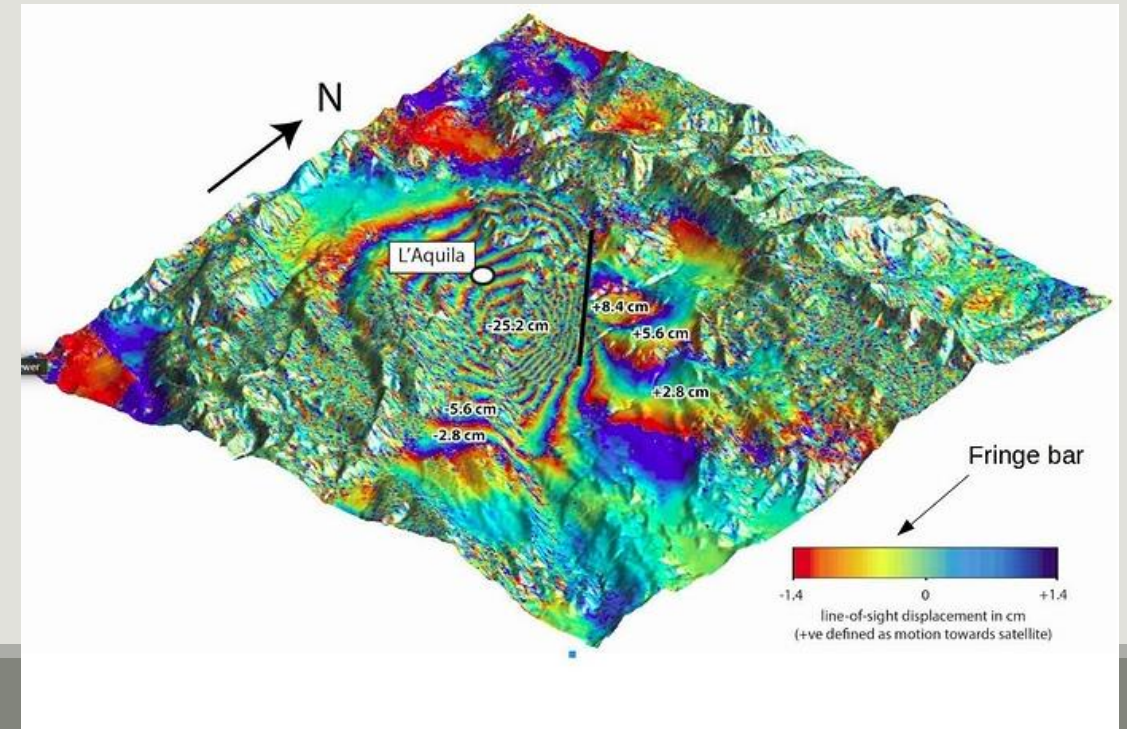
$\phi^{noise}$  = fase *noise*.

# Metode

Di dalam DInSAR, deformasi biasa digambarkan dengan *colored fringes* (*Wrapped Interferogram*). *Fringe* ditampilkan dari 0 sampai 360 derajat dan kemudian kembali lagi ke 0 derajat. Untuk menentukan jumlah absolut deformasi yang sebenarnya dan menyelesaikan ketidaktentuan (*indefiniteness*), dikenal teknik *Phase Unwrapping*. Teknik ini menggabungkan fase-fase interferogram untuk menyelesaikan ambiguitas  $2\pi$ .



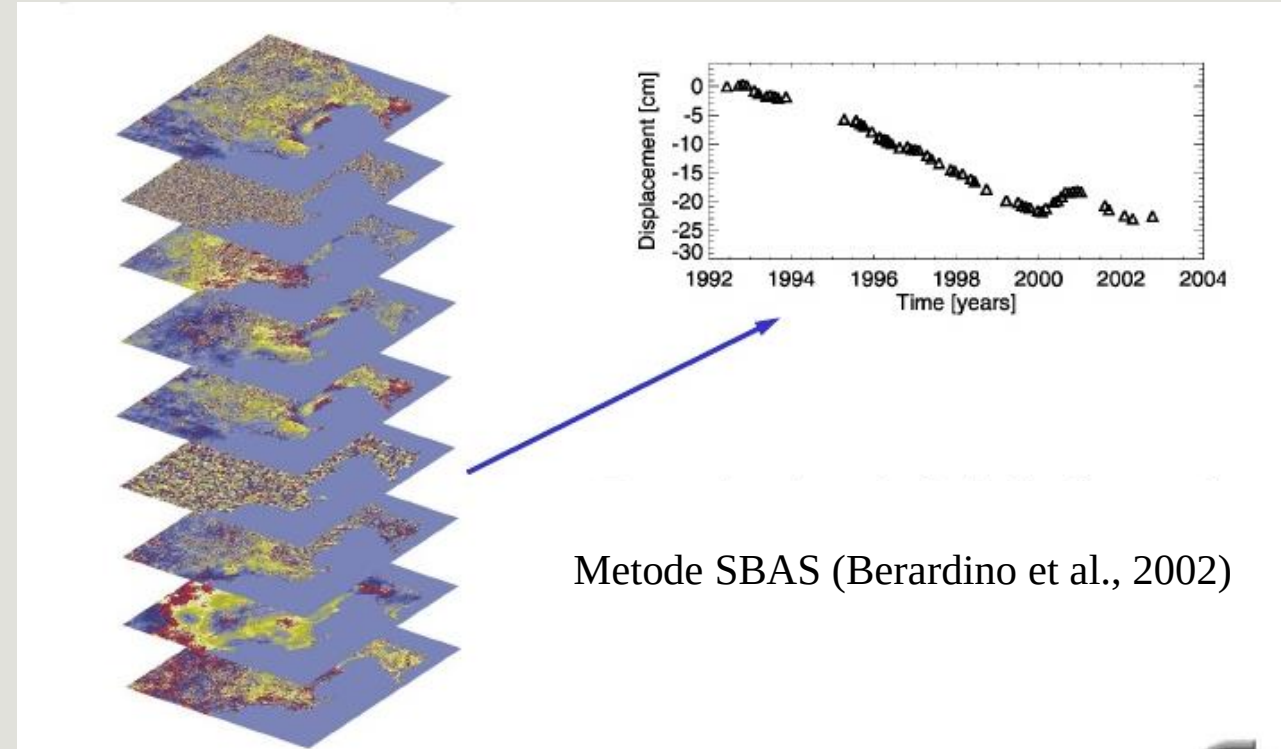
Teknik *Phase Unwrapping* (Höser, 2018)



# Metode

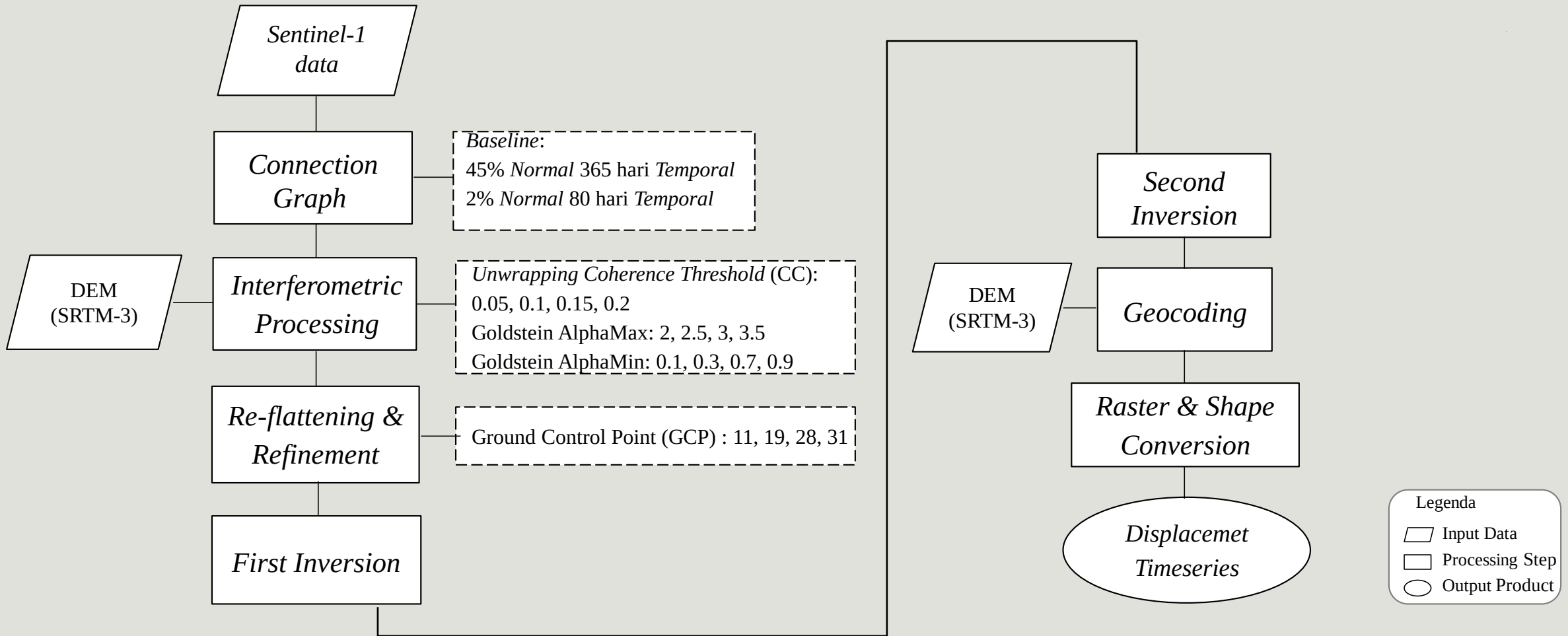
## Metode InSAR SBAS untuk pengukuran pergerakan tanah

*Small Baseline Subset* (SBAS) adalah salah satu teknik pemrosesan dengan cara menumpuk (*stacking*) data DInSAR. Metode ini efektif untuk membatasi fenomena dekolorasi spasial dan menghilangkan *atmospheric artifacts*. Hasil akhir metode SBAS adalah *line of sight* (LOS) *displacement time series* yang dikemudian akan dikonversi menjadi *real displacement* (Berardino, Fornaro, Lanari, & Sansosti, 2002).

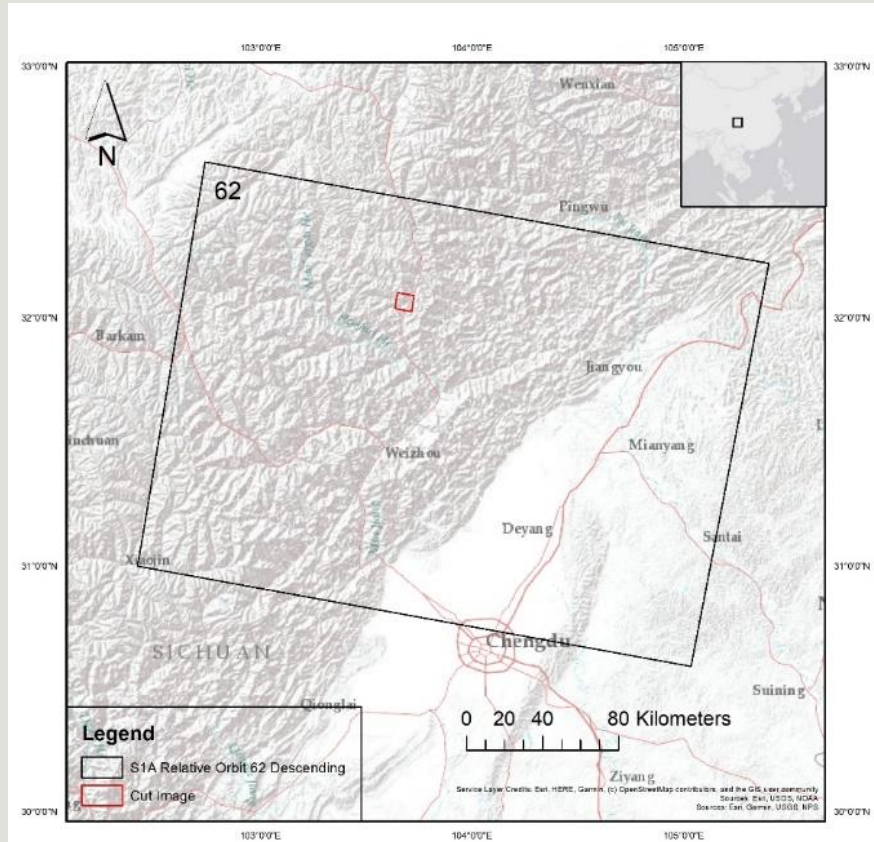




# Diagram Alir Metode InSAR SBAS



# Hasil dan Pembahasan



Longsor Xinmo terjadi pada tanggal 24 Juni 2017, pada pukul 05.39 di Desa Xinmo, Mao County, Provinsi Sichuan, China. Sebanyak 44 gambar Sentinel-1 dengan polarisasi VV dan geometri *Descending* dari tanggal 9 Oktober 2014 sampai dengan 19 Juni 2017 diolah untuk mendapatkan displacement time series.

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping  
Coherence  
Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin

Parameter Baseline

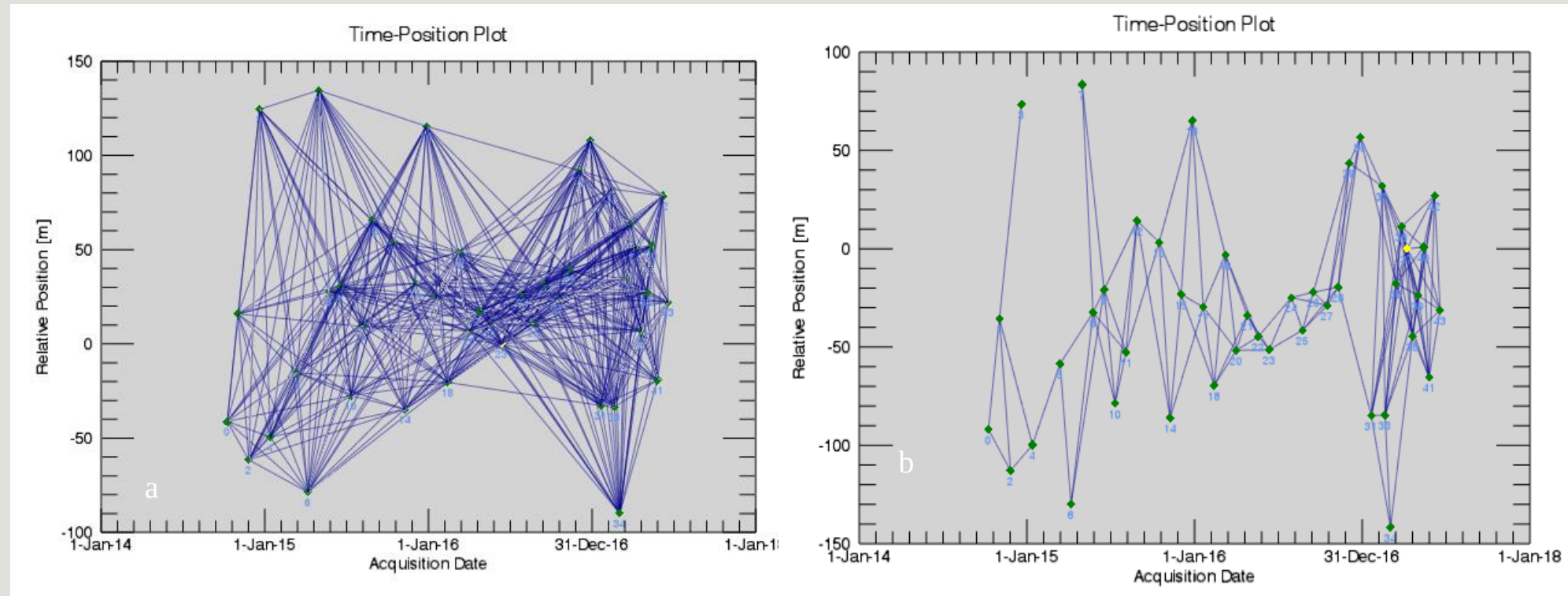


Diagram Koneksi InSAR untuk Longsor Xinmo. (a) **45% Normal** dan **365 hari Temporal Baseline**.  
(b) **2% Normal (100 m)** dan **80 hari Temporal Baseline**.



# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

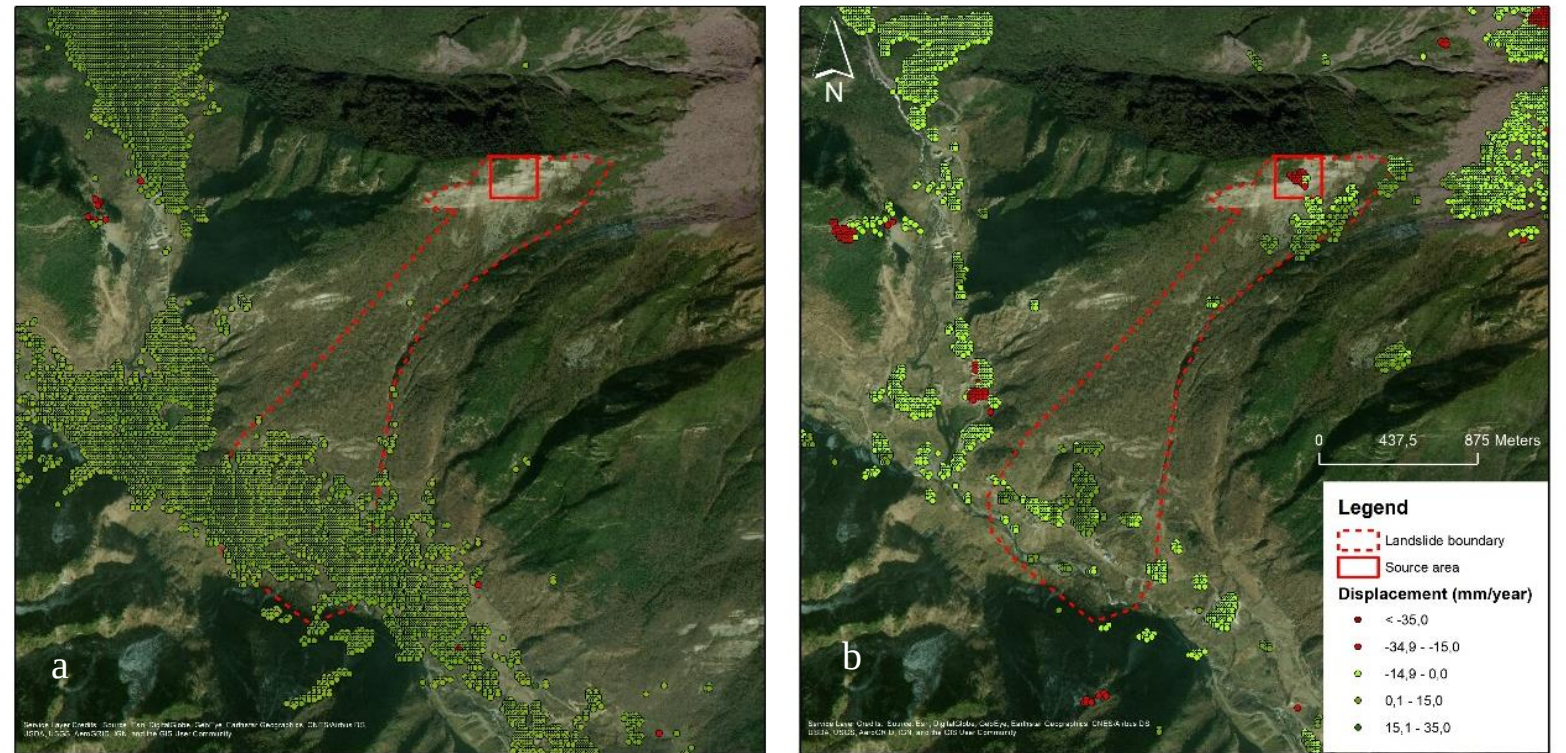
Unwrapping  
Coherence  
Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin

Parameter Baseline



Titik-titik *displacement point* pada area Longsor Xinmo. (a) Pengaturan **45% Normal** dan **365 hari Temporal Baseline**. (b) Pengaturan **2% Normal** dan **80 hari Temporal Baseline**. Menggunakan *Unwrapping Coherence Threshold* (CC) 0.15.

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

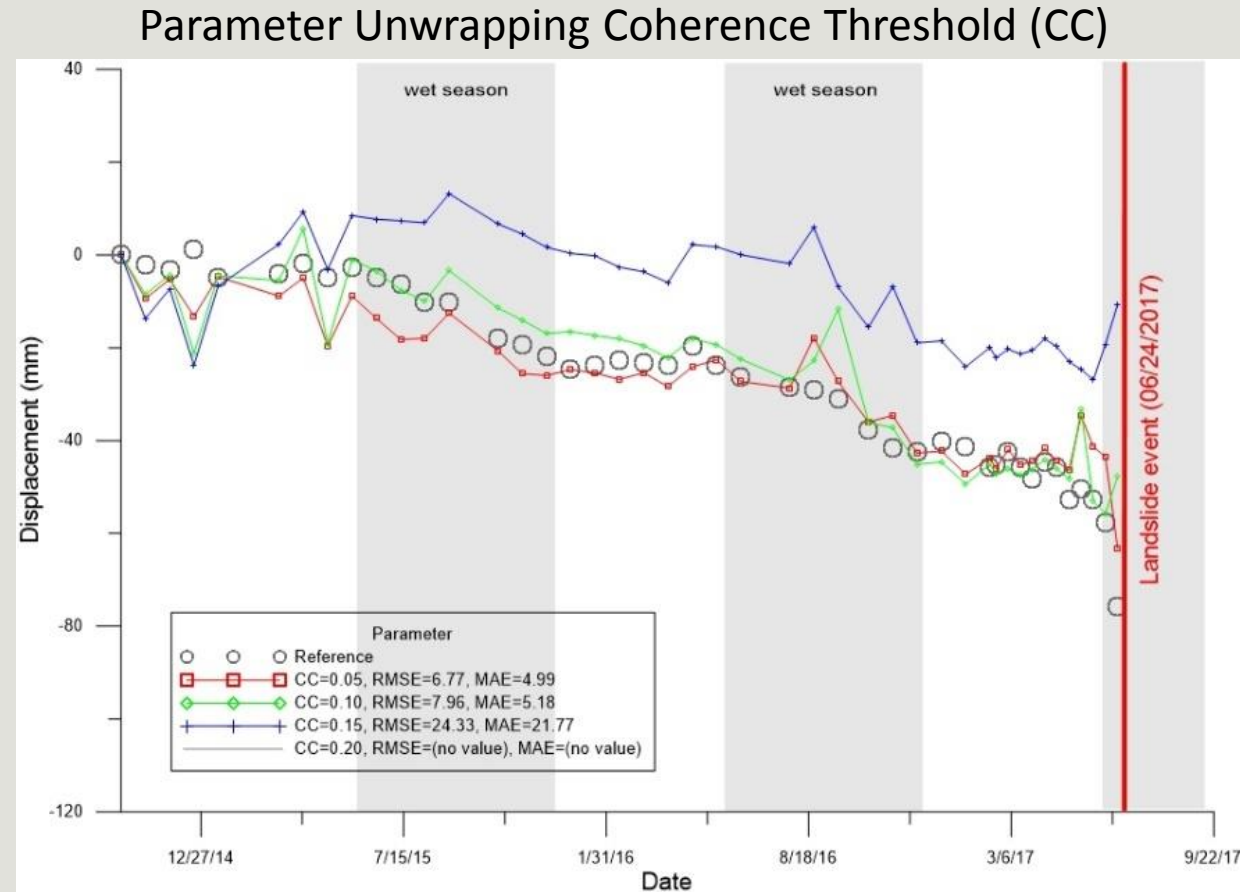
Baseline

Unwrapping  
Coherence  
Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin



Variasi hasil dari perbedaan parameter *Unwrapping Coherence Threshold (CC)*

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

Coherence

Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

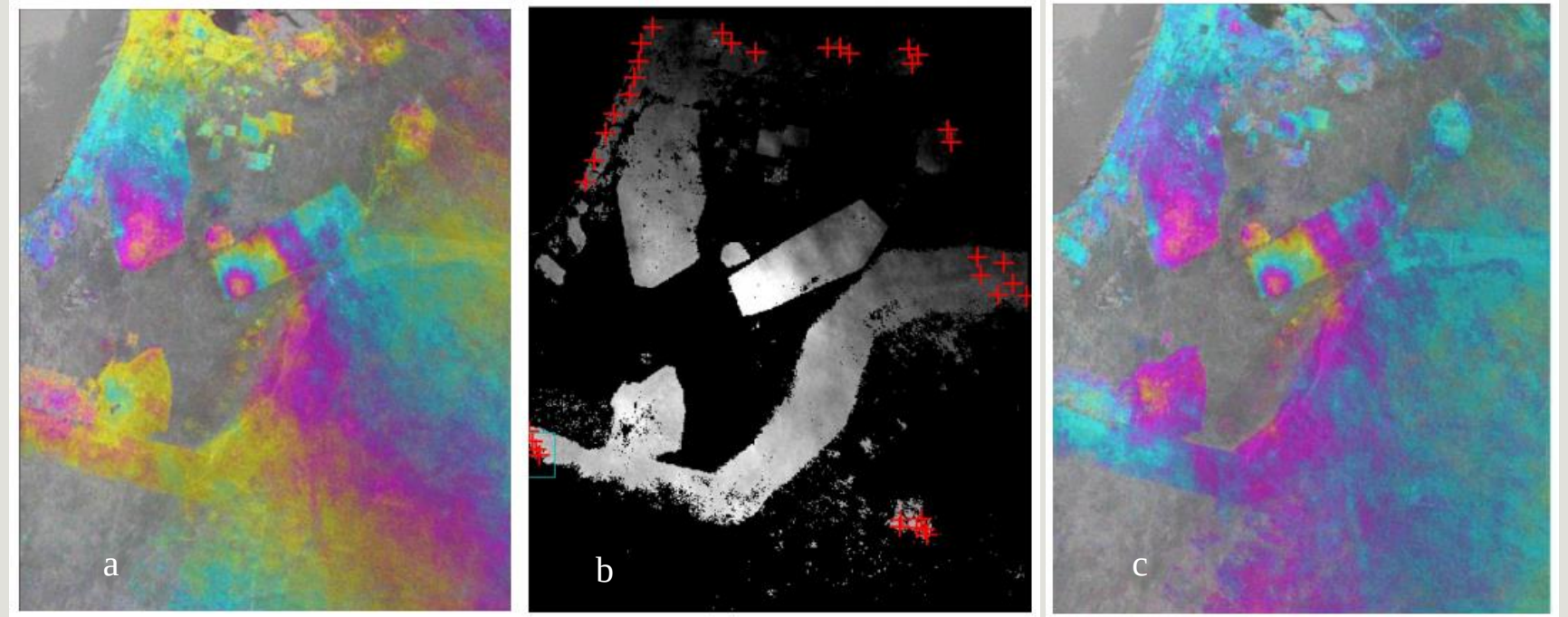
Goldstein

AlphaMax

Goldstein

AlphaMin

Parameter Ground Control Point (GCP)



*Phase ramp removal using Ground Control Point (GCP). (a) The interferogram phase before phase ramp removal. (b) The GCP placement. (c) The interferogram phase after phase ramp removal. (sarmap, GCP Manual, 2015).*



# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

Coherence

Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

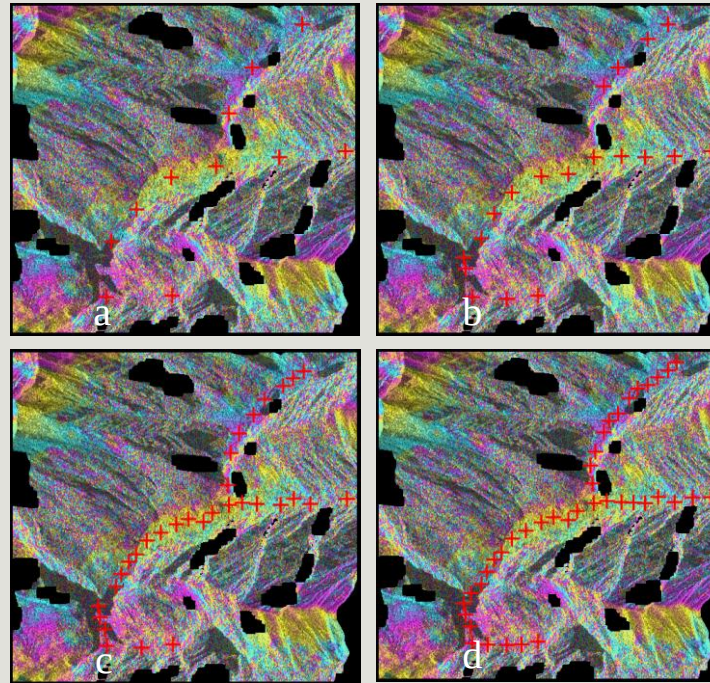
Goldstein

AlphaMax

Goldstein

AlphaMin

Parameter Ground Control Point (GCP)



Titik-titik *Ground Control Point (GCP)* yang digunakan, yaitu 11, 19, 28, 31

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

Coherence

Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

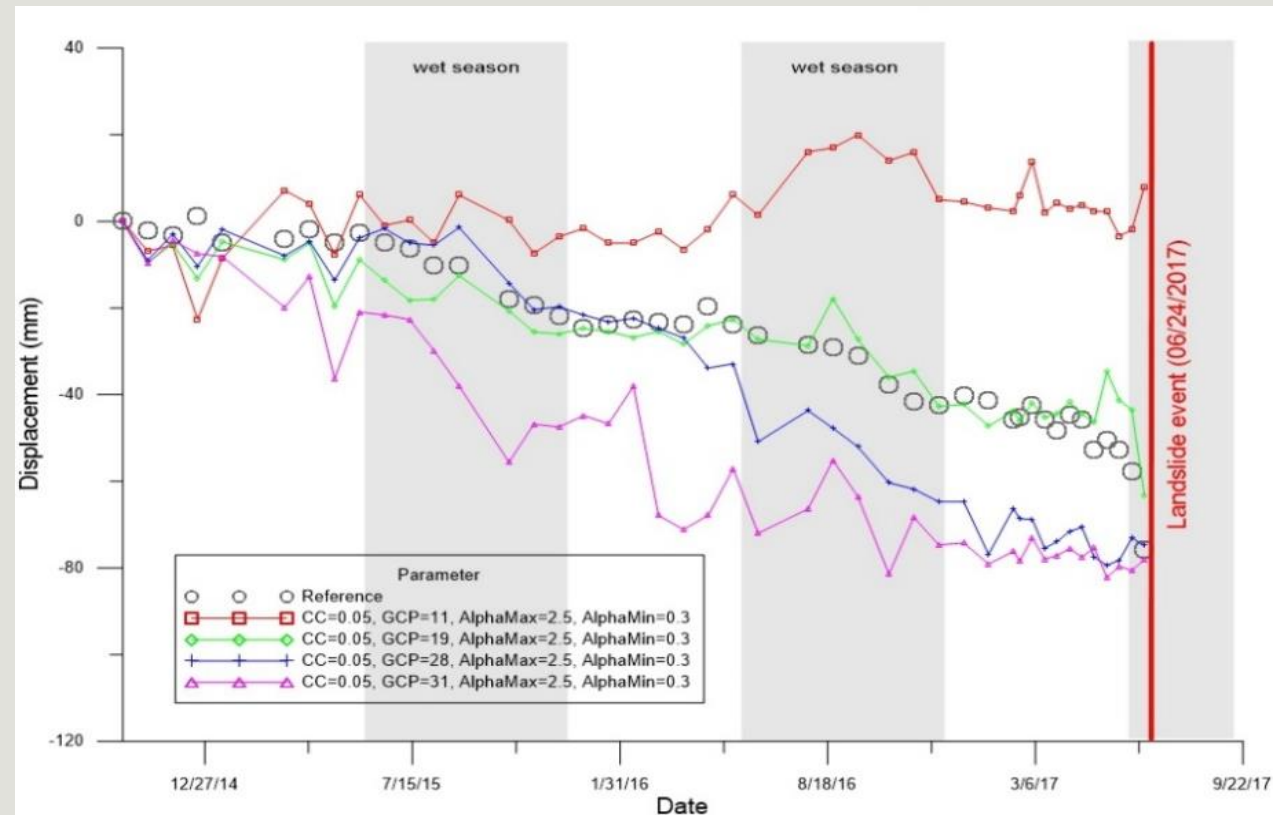
Goldstein

AlphaMax

Goldstein

AlphaMin

Parameter Ground Control Point (GCP)



Variasi hasil dari perbedaan parameter *Ground Control Point (GCP)*

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

Coherence

Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin

Parameter Goldstein

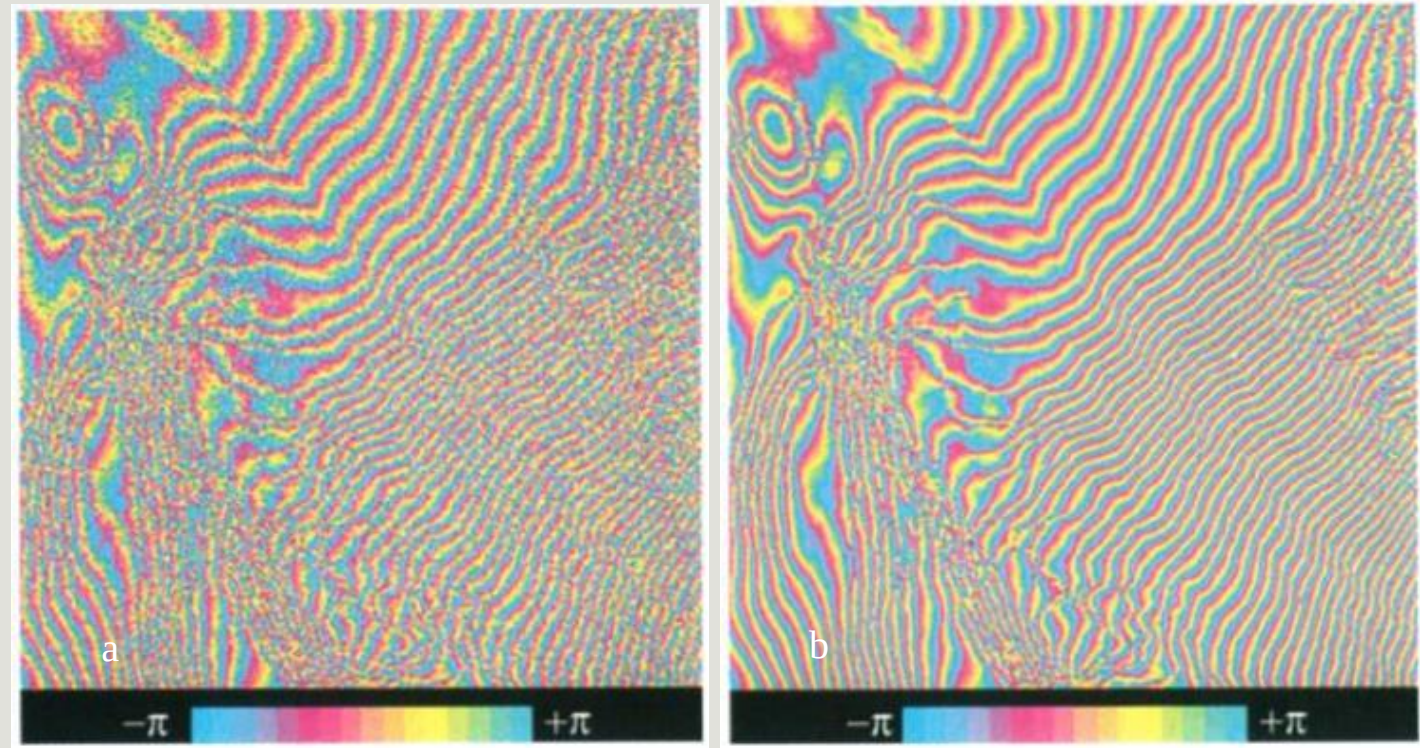


Figure 2-8. (a) Unfiltered interferogram phase. (b) Goldstein filtered interferogram phase (Goldstein & Werner, 1998).



# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

Coherence

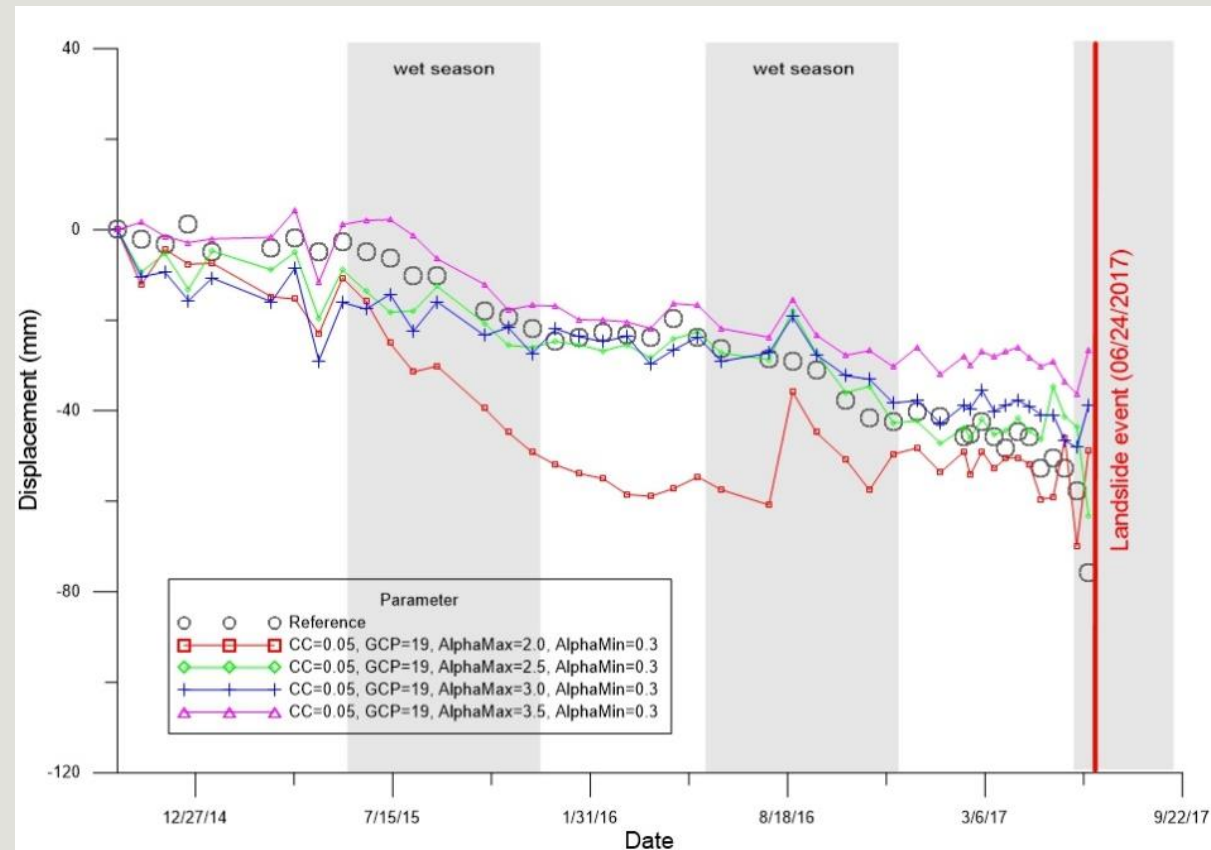
Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin

Parameter Goldstein AlphaMax



Variasi hasil dari perbedaan parameter *Goldstein AlphaMax*

# Hasil dan Pembahasan

Parameter:

Baseline

Unwrapping

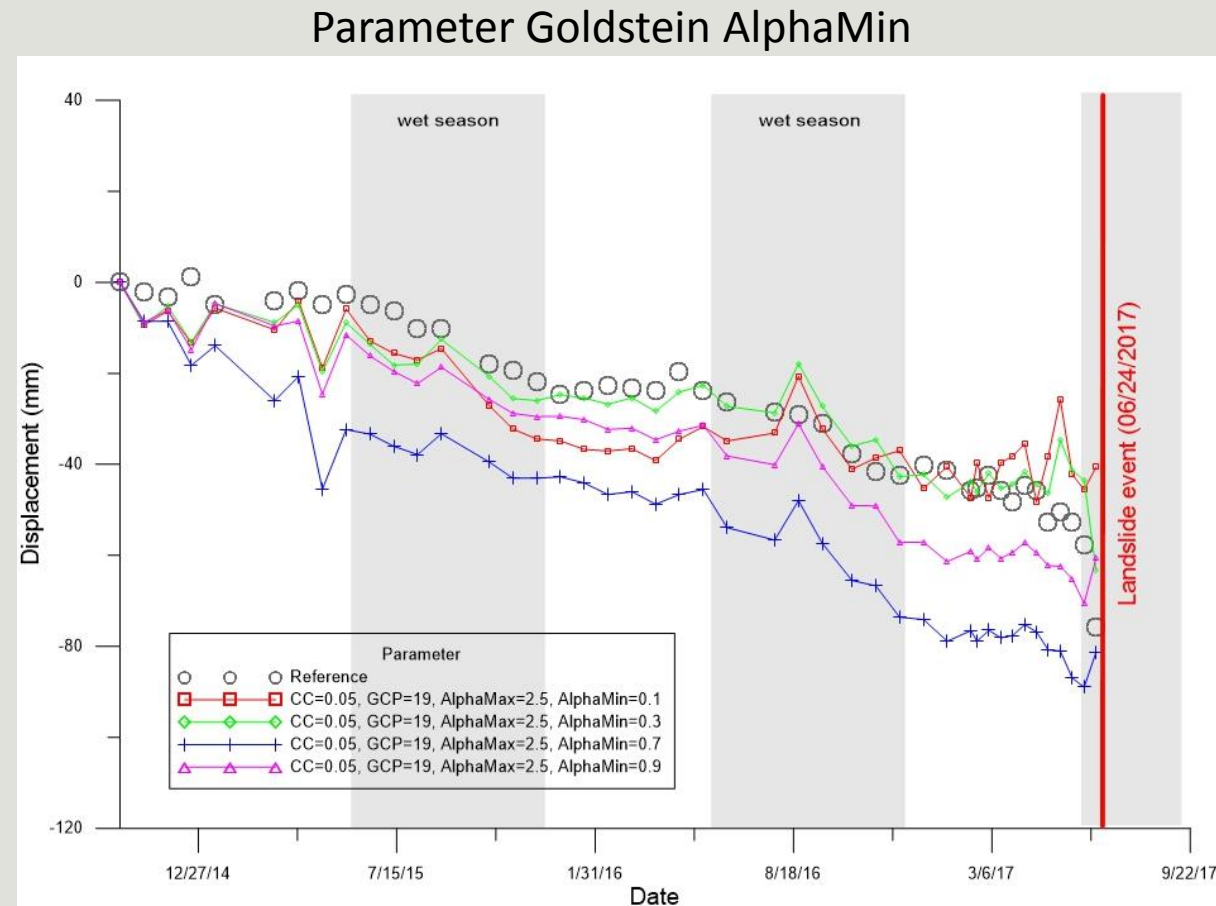
Coherence

Threshold (CC)

Ground Control  
Point (GCP)

Goldstein  
AlphaMax

Goldstein  
AlphaMin



Variasi hasil dari perbedaan parameter *Goldstein AlphaMin*

# Hasil dan Pembahasan

| Figure | Parameter |     |                    |                    | RMSE    | MAE     |
|--------|-----------|-----|--------------------|--------------------|---------|---------|
|        | CC        | GCP | Goldstein AlphaMax | Goldstein AlphaMin |         |         |
| 4-4    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.3                | 6.77    | 4.99    |
| 4-4    | 0.1       | 19  | 2.5                | 0.3                | 7.96    | 5.18    |
| 4-4    | 0.15      | 19  | 2.5                | 0.3                | 24.33   | 21.77   |
| 4-4    | 0.2       | 19  | 2.5                | 0.3                | #VALUE! | #VALUE! |
| 4-6    | 0.05      | 11  | 2.5                | 0.3                | 37.27   | 30.79   |
| 4-6    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.3                | 6.77    | 4.99    |
| 4-6    | 0.05      | 28  | 2.5                | 0.3                | 16.84   | 13.00   |
| 4-6    | 0.05      | 31  | 2.5                | 0.3                | 28.69   | 25.92   |
| 4-7    | 0.05      | 19  | 2                  | 0.3                | 18.95   | 15.62   |
| 4-7    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.3                | 6.77    | 4.99    |
| 4-7    | 0.05      | 19  | 3                  | 0.3                | 9.83    | 7.38    |
| 4-7    | 0.05      | 19  | 3.5                | 0.3                | 13.54   | 10.26   |
| 4-8    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.1                | 10.85   | 8.67    |
| 4-8    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.3                | 6.77    | 4.99    |
| 4-8    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.7                | 26.31   | 24.83   |
| 4-8    | 0.05      | 19  | 2.5                | 0.9                | 11.42   | 10.48   |



# Kesimpulan

---

Parameter baseline adalah gerbang awal pemrosesan InSAR.

45% Normal dan 365 hari Temporal Baseline menyebabkan banyak kehilangan informasi penting.

2% Normal dan 80 hari Temporal Baseline memiliki hasil yang baik dalam menunjukkan *displacement point* di daerah sumber longsor.

*Unwrapping Coherence Threshold (CC)* rendah akan mempertahankan banyak informasi, sebaliknya *Unwrapping Coherence Threshold (CC)* yang terlampau tinggi akan kehilangan banyak informasi.

Parameter *Goldstein AlphaMax* dan *Goldstein AlphaMin* juga dapat mempengaruhi hasil secara cukup signifikan. Untuk awal pemrosesan disarankan untuk menggunakan nilai default awal, yaitu 2.5 untuk *Goldstein AlphaMax* dan 0.3 untuk *Goldstein AlphaMin*

# Kesimpulan

---

*Unwrapping Coherence Threshold (CC) 0.05, Ground Control Point (GCP) 19, Goldstein AlphaMax 2.5 dan Goldstein AlphaMin 0.3 memberikan nilai terbaik dengan error terkecil yaitu RMSE 6.77 dan MAE 4.99.*

Terlihat bahwa parameter dalam pengolahan InSAR memegang peranan yang sangat penting. Pemilihan parameter yang berbeda dapat mengakibatkan overestimasi dan underestimasi hasil yang cukup signifikan. Terlepas dari semua kesulitan pemrosesan dan keragaman hasil pengolahan InSAR, deteksi pergerakan tanah menggunakan InSAR masih merupakan hal yang sangat menjanjikan. Pengolahan dan pemilihan parameter yang tepat akan memberikan hasil yang optimal.

Terima kasih...

---