

Perbandingan *Direction Ascending* dan *Descending* di Segmen Sianok Sesar Semangko Menggunakan Metode Ps-InSAR

Monalisa Perwanda¹, Dwi Marsiska Driptufany², Sayidinal Fikri³, Dwi Arini⁴,
Fajrin Fajrin⁵

¹⁻⁵Mahasiswa Teknik Geodesi, Program Serjana, Institut Teknologi Padang
Alamat: Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Intitut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada,
Kandis, Nanggalo, Padang 25143, Sumatera Barat

*corresponding author: monalisaperwanda01@gmail.com¹

Abstract. *The movement of the Sumatran fault is triggered by plate activity in the western subduction zone of Sumatra, namely the Indo-Australian plate which moves down the Eurasian plate, causing pressure to push the Sumatra region towards the north. The purpose of this study is for the results of Ascending and Descending data on the impact of faults that occur on the Semangko Segment Sianok fault from 2020-2023 and to map the Land Displacement of the Semangko Segment Sianok fault from 2020-2023. Based on the results of data processing in this study, it can be concluded that in this study using ascending and descending direction data that experienced land movement (Land Displacement) due to this movement the impact of faults that occurred due to seismic activity along the segment resulted in the impact of natural disasters such as landslides, and earthquakes. This impact was triggered due to land movement because the effects of surface faults and ground shaking did cause most of the damage in several events. The ascending data explains the annual uplift of 15.28 mm marked in dark blue and the red color on the map shows the subsidence of -30.55 mm per year, while the light bitu color dominates in urban areas or areas inhabited by many people. While in the descending data, changes in land movement show an annual uplift of 6.74 mm and the red color shows subsidence of -13.47 mm per year. From the color change of each data shows ascending and descending data experiencing land subsidence uplift and subsidence.*

Keywords: *Ascending and Descending, Land Displacement, Fault Effects*

Abstrak. Pergerakan sesar sumatera dipicu oleh aktivitas lempeng pada zona subduksi barat sumatera, yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak menjum ke bawah lempeng Eurasia, sehingga menyebabkan timbulnya tekanan yang mendorong derah Sumatera kearah Utara. Tujuan dari penelitian ini adalah Untuk hasil data Ascending dan Descending dampak patahan yang terjadi pada Sesar Semangko Segmen Sianok dari tahun 2020-2023 dan untuk memetakan Land Displacement patahan sesar semangko Segmen Sianok dari tahun 2020-2023. Berdasarkan dari hasil pengolahan data dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini menggunakan data *direction ascending* dan *descending* yang mengalami pergerakan tanah (*Land Displacement*) akibat pergerakan ini dampak dari patahan yang terjadi akibat aktivitas seismik di sepanjang segmen yang mengakibatkan terjadinya dampak bencana alam seperti longsor, dan gempa bumi. Dampak ini dipicu akibat pergerakan tanah karena efek patahan permukaan dan guncangan tanah memang menyebabkan sebagian besar kerusakan dalam beberapa kejadian. Data *ascending* menjelaskan terjadinya *uplift* pertahunnya sebesar 15,28 mm dengan ditandai warna biru tua dan warna merah pada peta menunjukkan terjadinya *subsidence* sebesar -30,55 mm pertahunnya, sedangkan warna biru muda mendominasi pada daerah perkotaan atau daerah yang banyak dihuni masyarakat sekitar. Sedangkan pada data *descending* perubahan pergerakan tanah menunjukkan terjadinya *uplift* pertahunnya sebesar 6,74 mm dan warna merah menunjukkan terjadinya *subsidence* sebesar -13,47 mm pertahunnya. Dari perubahan warna masing-masing data menunjukkan data *ascending* dan *descending* mengalami *land subsidence uplift* dan *subsidence*.

Kata kunci: *Ascending dan Descending, land displacement, efek patahan*

LATAR BELAKANG

Segmen Sesar Semangko membentang sepanjang lebih dari 1650 Km dari Selat Sunda sampai dengan danau Ranau di Utara. Segmen sesar semangko ini merupakan salah satu sesar terpanjang di Indonesia. Sesar sumatera merupakan sesar aktif jenis transcurrent dengan Gerakan geser kanan. Sesar di Sumatera tebagi menjadi 19 segmen yang terbentang dari sepanjang pulau Sumatera dari Teluk Semangko di Lampung sampai Banda Aceh. Beberapa penelitian menganggap, bahwa segmen selatan sesar semangko hanya dari Selat Sunda sampai Depresi Suoh (**Bellier dkk, 1991**). Sesar sumatera sering menghasilkan getaran yang kuat yang dapat berpotensi menjadi pusat gempa dengan magnitudo tertentu. Pergerakan sesar sumatera dipicu oleh aktivitas lempeng pada zona subduksi barat sumatera, yaitu lempeng *Indo-Australia* yang bergerak menujam ke bawah lempeng *Eurasia*, sehingga menyebabkan timbulnya tekanan yang mendorong derah Sumatera kearah Utara. Dari 19 segmen patahan sumatera 7 di antaranya terdapat di provinsi Sumatera Barat dan akan berdampak langsung terhadap masyarakat yang berada pada zona-zona rentan. Adapun ketujuh segmen tersebut adalah segmen Siulak ($2.25^{\circ}\text{S} \sim 1.7^{\circ}\text{S}$), segmen suliti ($1.75^{\circ}\text{S} \sim 1.0^{\circ}\text{S}$), segmen sumani ($1.0^{\circ}\text{S} \sim 0.5^{\circ}\text{S}$), segmen sumpur ($0.1^{\circ}\text{N} \sim 0.3^{\circ}\text{N}$), segmen barumun ($0.3^{\circ}\text{N} \sim 1.2^{\circ}\text{N}$), segmen angkola, dan segmen sianok ($0.7^{\circ}\text{S} \sim 0.1^{\circ}\text{N}$). Segmen Sianok ini adanya patahan yang terbentuk akibat aktivitas lempeng tektonik tersebut. Segmen ini memanjang dari sisi Timur Laut Danau Singkarak, melewati sisi Barat Daya Gunung Merapi hingga Ngarai Sianok. Panjang segmen 90 Km dengan potensi kuat gempa maksimum pada segmen ini adalah 7,3 M.

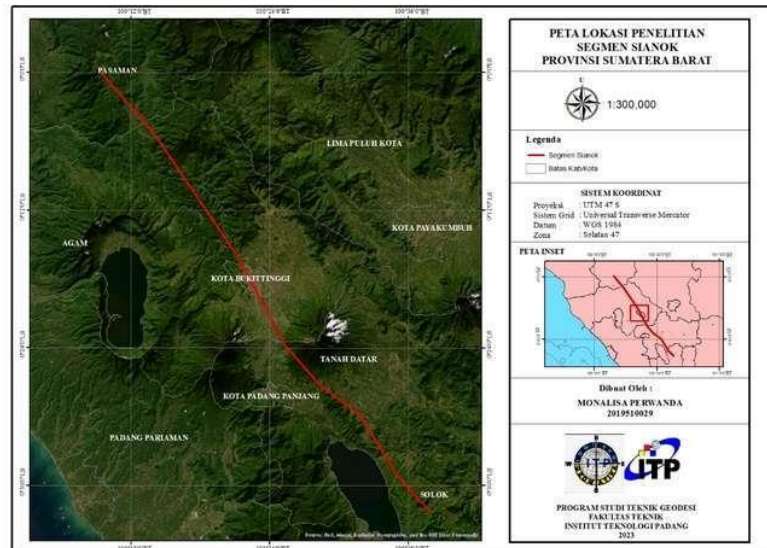
METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian tentang Monitoring aktivitas sesar semangko Segmen Sianok dengan menggunakan data SAR Sentinel-1 (data yang digunakan dari perekaman citra tahun Januari 2020 sampai dengan Februari 2023) dan diolah menggunakan aplikasi Sarproz metode Ps-InSAR. Jenis penelitian ini merupakan Kuantitatif dalam kajian mencakup pengumpulan data.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di sepanjang segmen sianok (Sesar Semangko) dimana panjang segmen ini adalah 90 Km. Segmen sianok ini terletak di ($0,7^{\circ}\text{LS}-0,1^{\circ}\text{LU}$) yang memanjang dari sisi timur laut danau singkarak, melewati sisi barat daya gunung Marapi hingga disekitar Ngarai Sianok.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber: BPBD Prov. Sumatera Barat

Alat dan Bahan

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Perangkat Keras
 - a. Laptop *MSI Intel Core-i5 Gen 10 Ram 8 GB, SSD 512 GB*
 - b. Hardisk (*ADATA*) 2 TB
2. Perangkat Lunak
 - a. *Software SARPROZ*, sebagai perangkat lunak pengolahan data
 - b. *Software ArcGIS*, sebagai perangkat lunak pembuatan layout peta
 - c. *Software Exel*, sebagai media penginputan koordinat dan analisis data
 - d. *Software Word*, sebagai media penulisan laporan

Bahan

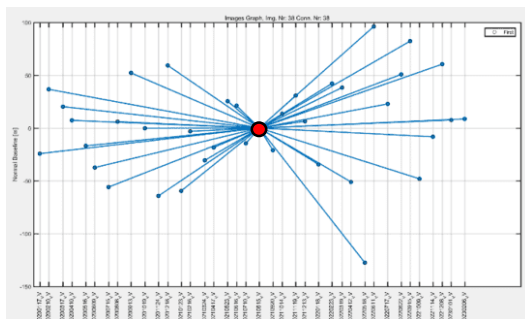
Citra Sentinel-1 (SLC) pada tahun perekaman Januari 2020 hingga Februari 2023 dengan polarisasi VV (Pencaran dari sensor vertical, beckscatter dari objek vertical) direction (*Ascending* dan *Descending*).

Dalam penelitian ini digunakan Citra Sentinel-1 IW (SLC) pada tahun perekaman Januari 2020 hingga february 2023 dengan polarisasi VV (pancaran dari sensor vertical, *beckscatter* dari objek vertikal). Direction (*Ascending* dan *Descending*).

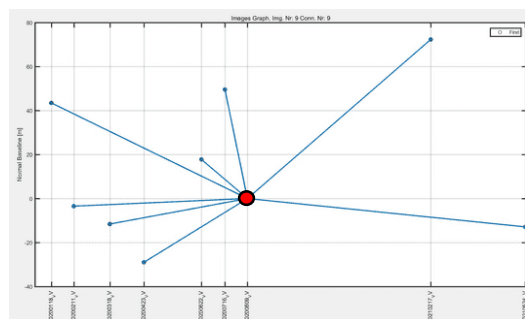
HASIL DAN PEMBAHASAN

Direction Ascending dan Descending

Data sentinel-1 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi tipe data *Single Look Complex (SLC)*, *beam mode Interferometric Wide (IW)* pada *direction Ascending* menggunakan IW 3 dan *direction Descending* menggunakan IW 1. Area *selection* terdapat 3 bagian yaitu *longitude*, *lantitude* dan radius, untuk *direction Ascending longitude* $100^{\circ}16'53.00''$, *lantitude* $0^{\circ}18'30.61''$ dengan radius 32 km sedangkan *direction descending longitude* $100^{\circ}21'51.63''$, *latitude* $0^{\circ}18'9.15''$ dengan radius 30 km. Polarisasi VV (VV, pancaran dari sensor vertikal, pancaran dari sensor vertikal dan *backscatter* dari objek horizontal), *direction ascending* dan *descending*. Master citra dipilih secara otomatis pada saat proses pemilihan *master* itu sendiri oleh perangkat pengolahan. *Master* ini dipilih yang terbaik dengan mempertimbangkan *baseline prepedicular* dan *baseline temporal*. Data yang memiliki keterangan No Data menjelaskan bahwa tidak ada nya perekaman citra di tanggal, bulan dan tahun tersebut.



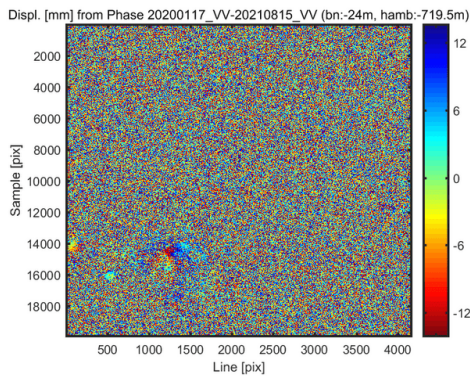
Gambar 2. Master Ascending



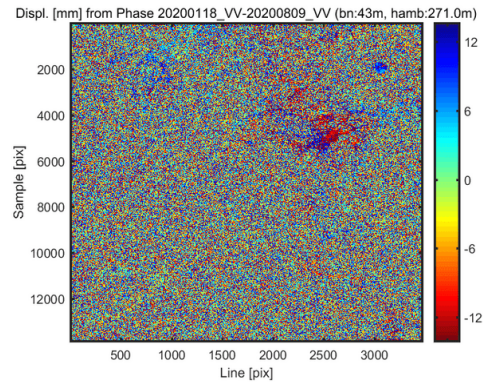
Gambar 3. Master Descending

Pada gambar 2 dan gambar 3 memperlihatkan titik merah menandakan master dari data citra tersebut dan persebaran titik yang bercabang merupakan data slave citra. *Direction ascending* ditandai dengan titik merah master pada tanggal 15 Agustus 2021 dengan 37 data slave sedangkan *direction descending* ditandai titik merah master pada tanggal 09 Agustus 2020 dengan 8 data slave.

Hasil InSAR



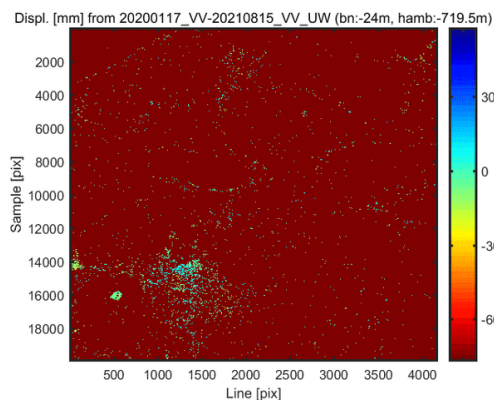
Gambar 4. Hasil InSAR Ascending



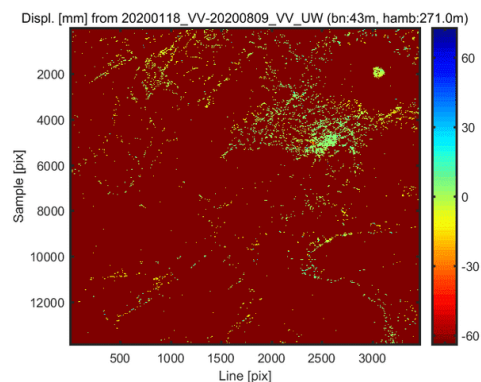
Gambar 5. Hasil InSAR Descending

Dapat dilihat dari hasil pengolahan InSAR diatas bertujuan untuk meresembling atau mengabungkan citra master dan slave yang ter *coregistrasi* sehingga citra SAR tersebut menjadi satu. Hasil interferogram InSAR Ascending dan hasil InSAR Descending adalah selisih $2\ phase$ di antara 2 gambar SAR. Pada hasil InSAR ascending dilakukan pemilihan data master dan slave menggunakan metode *two-pass interferometry* yang terbentuk dari 19 pasang interferogram yang berasal dari 38 *scene* citra SAR. Sedangkan hasil InSAR descending dilakukan pemilihan data master dan slave menggunakan metode *two-pass interferometry* yang terbentuk dari 4 pasang interferogram yang berasal dari 9 *scene* citra SAR.

Hasil DInSAR



Gambar 6. Hasil DInSAR Ascending



Gambar 7. Hasil DInSAR Descending

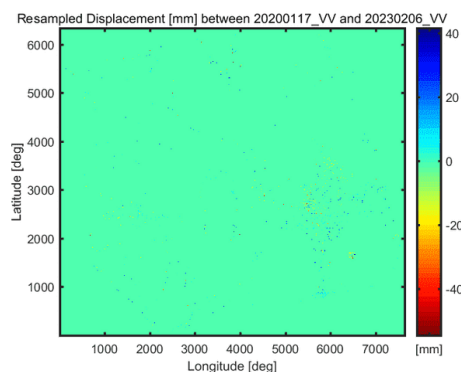
Dilihat **gambar 6** dari informasinya hasil DInSAR ascending sudah cukup menjelaskan adanya perubahan warna dan color bar yang ditunjukkan sudah dalam satuan mm. Dilihat pada color bar yang berwarna merah menunjukkan adanya penurunan permukaan tanah sebesar 60 mm, warna biru tua menunjukkan adanya kenaikan permukaan tanah sebesar 30 mm, dan warna

toska menunjukkan tidak adanya perubahan pergerakan tanah (normal) sedangkan pada **gambar 7** dari informasinya hasil DInSAR descending juga cukup menjelaskan adanya perubahan warna dan color bar yang ditunjukkan dalam satuan mm. Pada color bar yang berwarna merah menunjukkan terjadinya penurunan permukaan tanah sebesar 60 mm, warna biru tua menunjukkan terjadinya kenaikan permukaan tanah sebesar 60 m, dan warna hijau muda menunjukkan tidak adanya perubahan pergerakan tanah (normal) secara spesifik nya juga dapat dilihat pada tampilan hasil InSAR yang menunjukkan banyak persebaran warna hijau pada area tersebut.

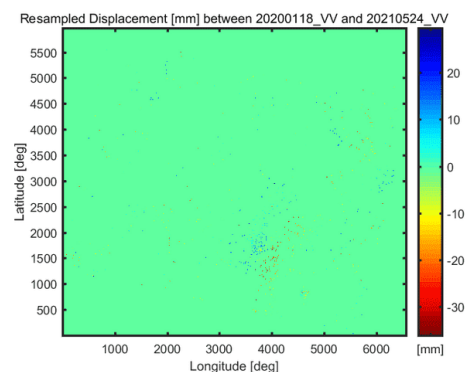
Teknik DInSAR bertujuan untuk memisahkan kontribusi fase topografi permukaan bumi dan porsi fase perpindahan untuk menunjukkan besarnya perpindahan. Citra dari proses DInSAR ini masih dalam satuan radian (satuan sudut fase) dalam rentang -2π sampai dengan 2π . Pada hasil DInSAR ascending dan hasil DInSAR descending ini menggunakan threshold 0.2 dimana threshold mempengaruhi nilai perubahan fase yang terjadi di kawasan sekitar segmen tersebut.

Hasil PS-InSAR

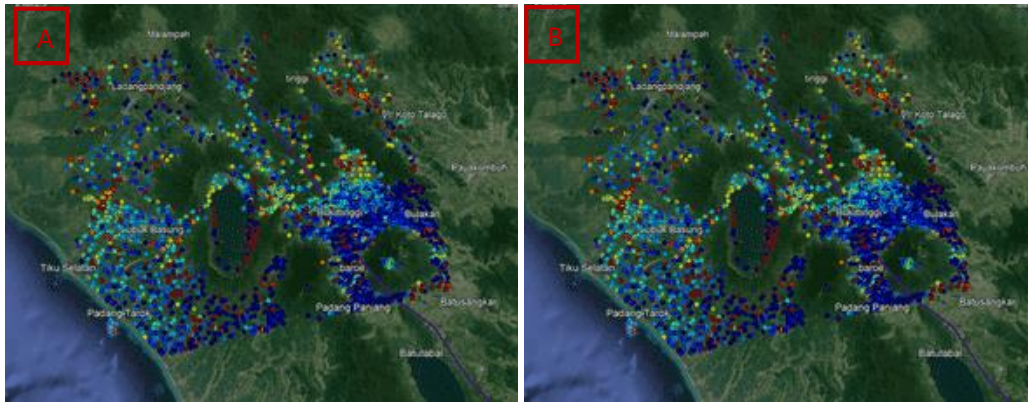
Untuk melihat *trend* perubahan dari tahun 2020-2023 dilakukan analisis *time series* untuk melihat perubahan permukaan yang terjadi. Dalam proses ini dilakukan tahapan *geocoding* untuk mengkonversi koordinat radar menjadi koordinat permukaan. Hasil titik PS yang telah di *geocoding* dan *time series displacement* dari tahun 2020-2023 dapat di lihat pada gambar 8 dan gambar 9 dengan *direction* yang berbeda, yaitu *ascending* dan *descending*:



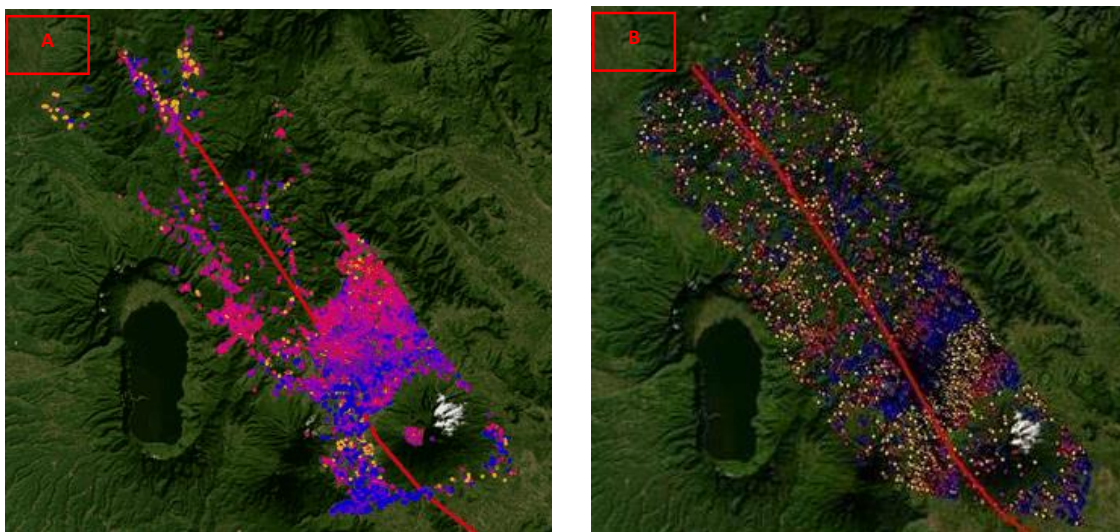
Gambar 8. Titik PS Ascending



Gambar 9. Titik PS Descending



Gambar 10. Persebaran Titik Ascending (A) & Persebaran Titik Descending (B)

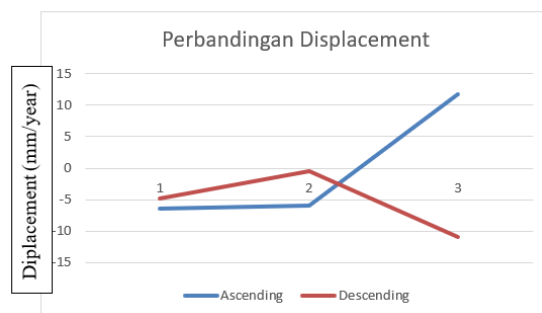


Gambar 11. Hasil PS Ascending yang dibatasi rentang jarak 10 Km dari segmen (A) & Hasil PS Descending yang dibatasi rentang jarak 10 Km dari segmen

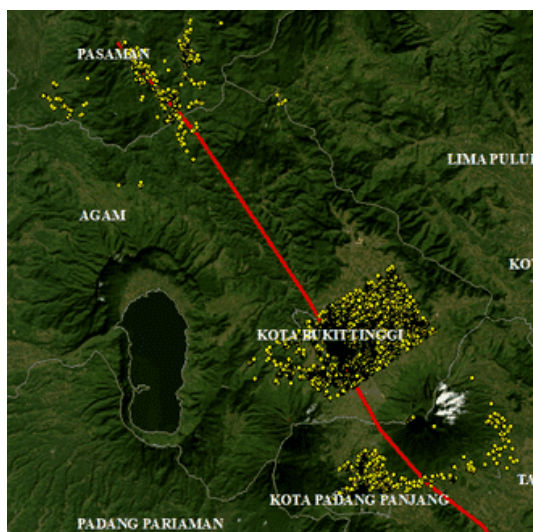
Pada **gambar 11** menjelaskan bahwa dilakukan pemotongan, pemotongan ini dilakukan untuk membatasi rentang jarak 10 Km kiri-kanan dari segmen. Hasil PS ini menunjukkan bahwa dengan *direction* yang berbeda maka nilai cumulative displacement dan velocity yang diperoleh berbeda dengan menunjukkan persebaran arah yang berbeda. Untuk melihat hasil perubahan pergerakan tanah (land displacement) pada *direction* yang berbeda dari

tahun 2020-2023, pada penelitian ini menampilkan grafik time series cumulative displacement setiap *direction* yaitu ascending dan descending.

Perbedaan hasil pada setiap *direction* akan diuji dengan menggunakan metode statistik distribusi Fisher pada sebaran titik PS yang berbeda. Berikut grafik dari uji statistik fisher :



Gambar 12. Grafik Displacement Ascending **Gambar 13.** Grafik Displacement Descending



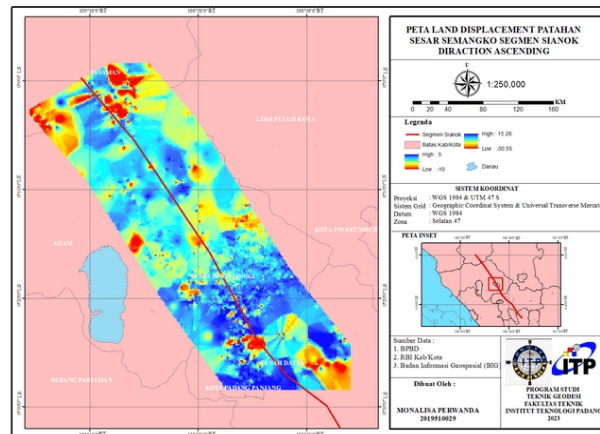
Gambar 14. Pemotongan titik PS 3 Plot Area

Pada **gambar 13** grafik *displacement ascending* menunjukkan terjadinya kenaikan pergerakan (*Land Displacement*) dilihat pada 3 plot area yang berbeda jumlah titik keseluruhan dari plot area berjumlah 30 data masing-masing plot area berjumlah 10 data setiap data dari plot area memiliki nilai *velocity*, *comulative displacement* dan standar deviasi yang berbeda perbedaan ini nantinya akan jelas untuk mendapatkan nilai f tabel. Menunjukkan dari titik 1 pergerakan *displacement* memiliki nilai sebesar -6.452, titik 2 memiliki nilai -5.999 dan titik 3 memiliki nilai sebesar 11.732. Sedangkan pada **gambar 14** grafik *displacement descending* menunjukkan terjadinya penurunan pergerakan (*Land Displacement*) dilihat pada 3 plot area

yang berbeda menunjukkan titik 1 pergerakan *displacement* memiliki nilai sebesar -4.872, titik 2 memiliki nilai -0.8.72 dan titik 3 memiliki nilai sebesar -10.924.

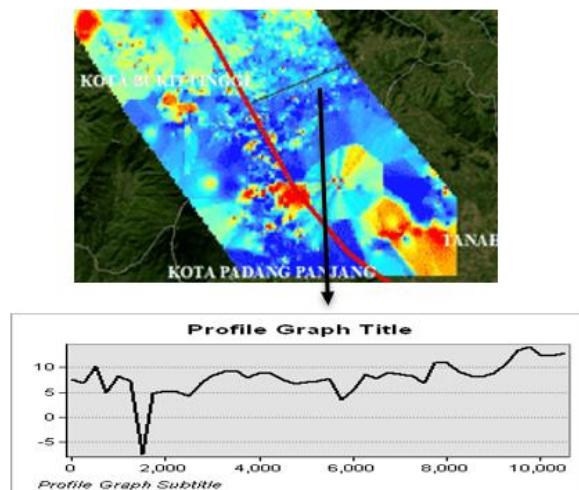
Analisis *Land Displacement* menggunakan Uji Statistik F (*Fisher Exact Test*)

Uji F (Distribusi Fisher) dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan atau tidak dari hasil pengolahan *direction* yang berbeda, dalam hal ini adalah *cumulative displacement* dan *velocity* rata-rata pada *direction* ascending dan descending.



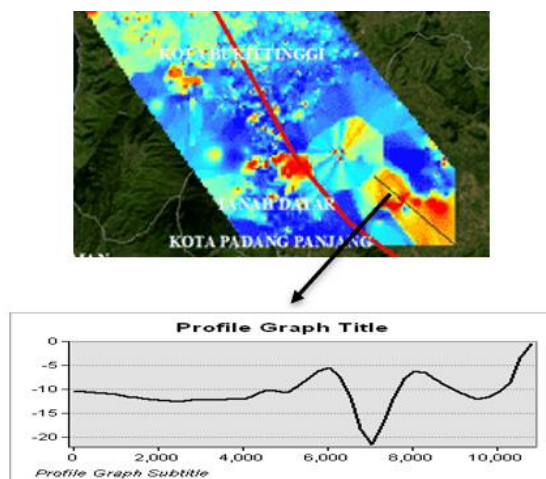
Gambar 15. Peta *Land Displacement Ascending*

Dilihat pada peta di atas menunjukkan bahwa terjadinya pergerakan tanah (*Land Displacement*). Pergerakan ini ditandai dengan perubahan warna setiap daerah di sepanjang segmen. Perbedaan warna yang di dapatkan menunjukkan pergerakan yang berbeda di setiap daerahnya, rata-rata warna biru tua pada peta menunjukkan bahwa terjadinya *uplift* pertahunnya sebesar 15,28 mm pertahunnya hal itu ditandai dengan persebaran warna biru tua mendominasi pada daerah perkotaan atau daerah yang banyak dihuni oleh masyarakat sekitar. Hal itu menyebabkan dampak yang cukup besar bagi warga sekitar terutama daerah yang lebih dekat di lalui patahan segmen. Warna merah pada peta menandakan terjadinya pergerakan tanah yang menurun (*subsidence*) sebesar -30.55 mm pertahunnya. Dapat di lihat pada gambar berikut memperlihatkan salah satu kawasan atau wilayah yang mengalami pergerakan tanah.



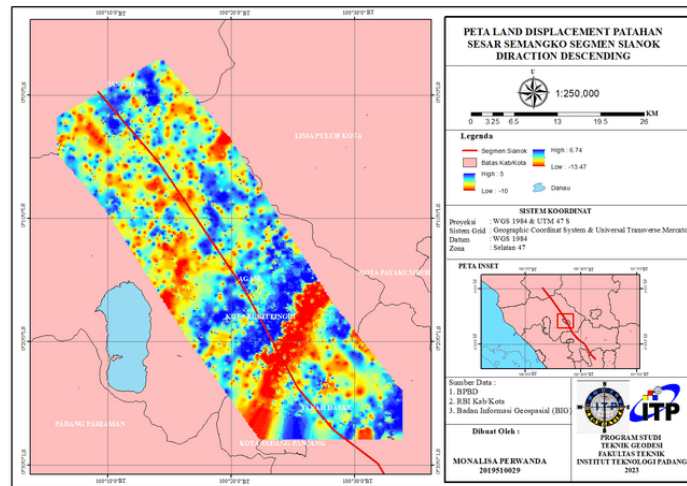
Gambar 16. Grafik 1 Pergerakan Ascending

Grafik **gambar 16** menunjukkan salah satu kawasan di Bukittinggi atau daerah yang banyak di huni oleh masyarakat yang mengalami pergerakan tanah dilihat dari grafik pergerakan yang terjadi berkisar dari rentang -7 mm sampai dengan 15 mm.



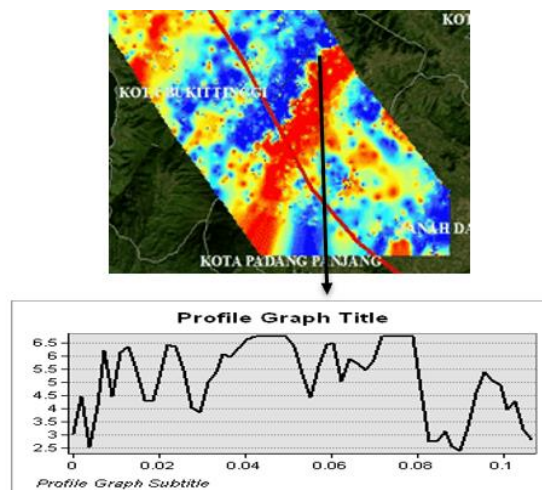
Gambar 17. Grafik 2 Pergerakan Ascending

Grafik **gambar 17** menunjukkan salah satu kawasan di Tanah Datar mengalami pergerakan tanah dilihat dari grafik pergerakan yang terjadi berkisar dari rentang 0 mm sampai dengan -23 mm. Pergerakan patahan ini dapat terjadi akibat aktivitas seismik di sepanjang segmen yang mengakibatkan terjadinya dampak bencana alam seperti longsor, dan gempa bumi. Dampak ini dipicu akibat pergerakan tanah karena efek patahan permukaan dan guncangan tanah memang menyebabkan sebagian besar kerusakan dalam beberapa kejadian.



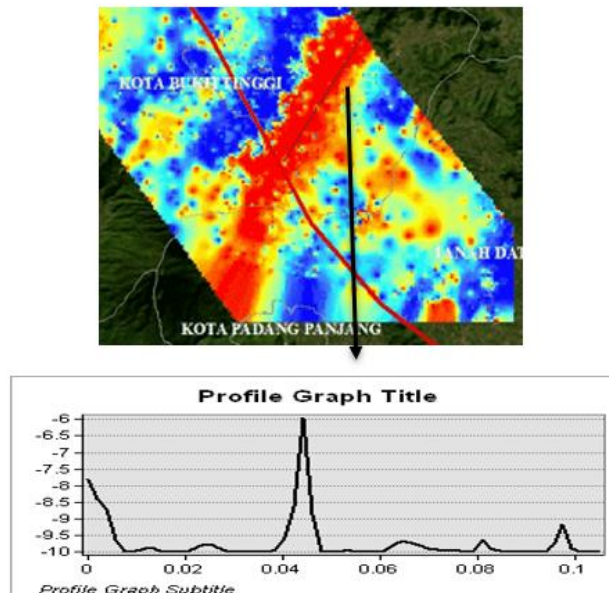
Gambar 18. Peta Land Displacement Descending

Peta diatas menunjukkan ada beberapa warna yang berbeda hal tersebut memiliki nilai yang berbeda dalam pergerakannya pada warna biru tua rata-rata pergerakan pertahunnya menunjukkan terjadinya *uplift* sebesar 6,74 mm warna biru tua ini hampir merata tersebar di sekitar kawasan masyarakat terutama di dekat perkotaan sedangkan warna merah menjukkan pergerakan tanah yang menurun (*subsidence*) memiliki nilai pergerakan rata-rata pertahunnya sebesar -13.47 mm. Pergerakan yang di dapatkan dari hasil pengolahan peta di atas mendomisi hampir keseluruhan mendekati pergerakan yang cukup signifikan terutama di kawasan penduduk atau daerah perkotaan salah satu nya di kawasan kota Bukittinggi dan Padang Panjang.



Gambar 19. Grafik 1 Pergerakan Descending

Grafik **gambar 19** menunjukkan salah satu kawasan dikota Bukittinggi yang mnegalami pergerakan tanah yang memiliki nilai pergerakan dari rentang 2 mm sampai dengan 7 mm pertahun.



Gambar 20. Grafik 2 Pergerekan Descending

Grafik **gambar 20** menunjukkan salah satu wilayah dikawasan kota Bukittinggi yang juga mengalami pergerakan tanah di warna yang berbeda nilai pergerakan dari rentang -6 mm sampai dengan -10 mm pertahun.

Pada penarikan *profile graph* (Grafik) *direction ascending* dan *descending* bertujuan untuk melihat pergerakan terjadi *uplift* dan *subsidence* yang terjadi disuatu wilayah atau daerah dimana penarikan ini terfokus pada kawasan perkotaan atau permukiman yang banyak dihuni oleh masyarakat. Berdasarkan pembentukan titik dengan metode PS-InSAR penarikan grafik ini difokuskan dengan penarikan 10 KM kiri-kanan dari segmen guna untuk melihat lebih terfokusnya hasil pergerakan yang dihasilkan dari *direction ascending* dan *descending*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari hasil pengolahan data dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini menggunakan data *direction ascending* dan *descending* yang mengalami pergerakan tanah (*Land Displacement*) akibat pergerakan ini dampak dari patahan yang terjadi akibat aktivitas seismik di sepanjang segmen yang mengakibatkan terjadinya dampak bencana alam seperti longsor, dan gempa bumi. Dampak ini dipicu akibat pergerakan tanah karena efek patahan permukaan dan guncangan tanah memang menyebabkan sebagian besar kerusakan dalam beberapa kejadian.
2. Pada peta *Land Displacement ascending* dan *descending* mengalami pergerakan tanah dimana perubahan pergerakan tanah dilihat dari warna masing-masing peta. Data

ascending menjelaskan terjadinya *uplift* pertahunnya sebesar 15,28 mm dengan ditandai warna biru tua dan warna merah pada peta menunjukkan terjadinya *subsidence* sebesar -30,55 mm pertahunnya, sedangkan warna biru muda mendominasi pada daerah perkotaan atau daerah yang banyak dihuni masyarakat sekitar. Sedangkan pada data *descending* perubahan pergerakan tanah menunjukkan terjadinya *uplift* pertahunnya sebesar 6,74 mm dan warna merah menunjukkan terjadinya *subsidence* sebesar -13,47 mm pertahunnya. Dari perubahan warna masing-masing data menunjukkan data *ascending* dan *descending* mengalami *land subsidence uplift* dan *subsidence*.

Saran yang dapat penulis berikan berdasarkan hasil dan kesimpulan pada penelitian ini adalah, sebagai berikut:

1. Dari keseluruhan hasil pengolahan data disarankan menggunakan nilai koherensi yang berbeda dari penelitian ini.
2. Penulis mengharapkan untuk penelitian berikutnya lebih baik lagi dan penelitian ini juga berguna untuk penelitian berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada Ibu Dwi Marsiska Driptufany, M.Si dan Bapak Saiyidinal Fikri M.T yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam melakukan pengolahan serta segala pihak yang telah membantu penulisan artikel ini.

DAFTAR REFERENSI

- Aji, R. P., Prasetyo, Y., & Awaluddin, M. (2018). Studi Sesar Lembang Menggunakan Citra Sentinel-1a Untuk Pemantauan Potensi Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(4), 304–313.
- Ariwibowo, S., Muslim, D., Winantris, Natawidjaja, D. H., & Daryono, M. R. (2017). Sub-Segmentasi Sesar Pada Segmen Kumering Antara Danau Ranau Hingga Lembah Suoh, Lampung Barat. *Journal of Environment and Geological Hazard*, 8(692), 31–45.
- D. P. Rahmat, D. Antoni, and H. Suroyo, “Sistem Informasi Geografis Pemetaan Area Menggunakan Arcgis (Studi Kasus Lokasi Organisasi Masyarakat (Ormas) Keagamaan Di Kota Palembang),” *J. Nas. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 4, pp. 257–267, 2021, doi: 10.47747/jurnalnik.v2i4.537.
- Edward, I. A. (2000). Bahaya gempa bumi zona patahan sumatera. *Bahaya Gempa Bumi Zona Patahan Sumatera, gambar 1*, 1–9.
- Faizah, R., & Habib, A. W. (2007). *ZONA SESAR*. 184–195.
- Fikri, S. (2020). Monitoring Perubahan Permukaan Tanah Di Kawasan Lumpur Sidoarjo Dan Sekitarnya Menggunakan Metode Ps-Insar Dengan Data Sentinel-1 Pada Tahun 2017 - 2019. In *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. <https://repository.its.ac.id/78061/>

- Has, S. N., & Sulistiawaty. (2018). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Mengenali Perubahan Penggunaan Lahan Pada Kawasan Karts Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, April, 60–66.
- Has, S. N., & Sulistiawaty. (2018). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh Untuk Mengenali Perubahan Penggunaan Lahan Pada Kawasan Karts Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, April, 60–66.
- Jefriyanto, W. (2021). Simulasi Monitoring Pergeseran Tanah Menggunakan Sensor LVDT (Linear Variable Differential Transformer). *Saintifik*, 7(1), 70–76. <https://doi.org/10.31605/saintifik.v7i1.281>
- Kustanto, A. R. (2015). Struktur sesar mendatar semangko pulau sumatera. *Program Studi Teknik*, 1–5.
- Naryanto, H. S. (1997). Kegempaan di Daerah Sumatra. In *Alami: Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana* (Vol. 2, Issue 3, pp. 3–7).
- NATAWIDJAJA, D. H., & TRIYOSO, W. (2007). the Sumatran Fault Zone — From Source To Hazard. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 01(01), 21–47. <https://doi.org/10.1142/s1793431107000031>
- Pradana, E. M. R. W., Al-Abshor, U. A., & Riaviano, D. (2019). Monitoring Pergerakan Fluida dan Analisa Struktur Sesar Menggunakan Metode Micrograke (Microgravity and Microearthquake). *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-11*, 1033–1047.
- Puspasari, F., Unit, S., & Yogyakarta, I. B. (2016). *PROSIDING SKF 2016 Sebaran Jenis Patahan Di Sekitar Gunungapi Merapi Berdasarkan Data Gempabumi Tektonik Tahun 1977 – 2010*. 130–134. Ilmi, A. (2014). BAB II Teori Dasar. *STIKOMP Surabaya, mm*, 6–18. http://sir.stikom.edu/1107/5/BAB_II.pdf
- Putra, A. (2022). *PERUBAHAN PERMUKAAN TANAH DI KOTA PADANG Oleh : FAKULTAS TEKNIK PERUBAHAN PERMUKAAN TANAH DI KOTA PADANG PADA BULAN JANUARI 2019 – BULAN FEBRUARI 2022*.
- Rafiei, F., Gharechelou, S., Golian, S., & Johnson, A. (2022). *Kajian Interaksi Akifer dan Penurunan Tanah Menggunakan Data Sentinel-1 dan Teknik DInSAR*.
- Rahman, H., & Triyatno. (2021). Identifikasi Suhu Permukaan Darat Menggunakan Teknologi Geospasial: Studi Kasus Kota Bukittinggi, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Sains Informasi Geografi [JSIG]*, 4(1), 1–11. <https://doi.org/10.31314/j>
- Rahmatania, G., & Edial, H. (2020). ANALISIS TINGKAT KERENTANAN WILAYAH GEMPABUMI JALUR SESAR SIANOK KOTA BUKITTINGGI Ghinna. *Jurnal Buana*.
- Sarkowi, M., Wibowo, R. C., & Yogi, I. B. S. (2022). Potensi Gempabumi Di Sepanjang Sesar Semangko Segmen Lampung. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 03(02), 27–33.
- Studi, P., Geomatika, T., & Sukolilo, K. I. T. S. (2010). *MODEL ESTIMASI UPLIFT DAN SUBSIDENCE DARI HASIL UKURAN GPS MENGGUNAKAN METODE POLINOMIAL DI AREA LUMPUR SIDOARJO Imam Bukhori , Eko Yuli Handoko*.
- Studi, P., Wilayah, P., Kota, D. A. N., Teknik, F., Ilmu, D. A. N., & Indonesia, U. K. (2020). *Ngarai sianok. 10619009*.
- Sunu, H. A., Yuwono, B. D., & Suprayogi, A. (2019). *ANALISIS KETELITIAN DSM KOTA SEMARANG DENGAN METODE INSAR MENGGUNAKAN CITRA SENTINEL-1*. 17–26.

- Swastika. (2019). Bab II Landasan Teori. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Tobita, M., Suito, H., Imakiire, T., Kato, M., Fujiwara, S., Murakami, M., & Tsunami, T. (2006). *Garis besar perpindahan vertikal gempa Sumatera 2004 dan 2005 diungkapkan oleh citra radar satelit*. 3, 1–4.
- Tohari, A. (2013). Land Grabbing Dan Potensi Internal Displacement Persons (IDP) Dalam Merauke Integrated Food and Energy Estate (MIFEE) Di Papua. *Jurnal Bhumi*, 37(12), 49–62.
- Widagdo, A., Setijadi, R., Waluyo, G., & Purwasatriya, E. B. (2021). Kehadiran Patahan Geologi Di Daerah Bojanegara, Kabupaten Serang, Propinsi Banten. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(2), 79. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i2.9439>
- Yulyta, S. A., Taufik, M., & Hayati, N. (2015). STUDI PENGAMATAN PENURUNAN DAN KENAIKAN MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE DIFFERENTIAL INTERFEROMETRI SYNTHETIC APERTURE RADAR (DInSAR) (Studi Kasus : Lumpur Lapindo, Sidoarjo). *Geoid*, 11(1), 62. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v11i1.1100>